

INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES
CURSO DE PROMOÇÃO A OFICIAL SUPERIOR DA FORÇA AÉREA

2012/2013



TII

AUTOMAÇÃO DE EDIFÍCIOS E INFRAESTRUTURAS NA FORÇA AÉREA

O TEXTO CORRESPONDE A TRABALHO FEITO DURANTE A FREQUÊNCIA DO CURSO NO IESM SENDO DA RESPONSABILIDADE DO SEU AUTOR, NÃO CONSTITUINDO ASSIM DOCTRINA OFICIAL DA FORÇA AÉREA PORTUGUESA.



INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES

**AUTOMAÇÃO DE EDIFÍCIOS E INFRAESTRUTURAS NA
FORÇA AÉREA**

CAP/TMI Armando Carlos Morgado Venâncio

Trabalho de Investigação Individual do CPOSFA 2012/13

Pedrouços 2013



INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES MILITARES

**AUTOMAÇÃO DE EDIFÍCIOS E INFRAESTRUTURAS NA
FORÇA AÉREA**

CAP/TMI Armando Carlos Morgado Venâncio

Trabalho de Investigação Individual do CPOSFA 2012/13

Orientador: MAJ/ENGAER Carlos Alberto Lopes Ramos Batalha

Pedrouços 2013



Agradecimentos

As minhas primeiras palavras de agradecimento são dedicadas à minha esposa Raquel e às minhas filhas, Carolina e Laura, pela motivação e encorajamento permanentes, apesar das condicionantes associadas à frequência do Curso de Promoção a Oficial Superior.

Ao Major Carlos Batalha, pela sua orientação que extravasou o âmbito deste trabalho de investigação. Pela sua solidariedade, exemplo e inabalável apoio humano e científico.

Ao Major Florindo Canas, Capitão Luís Duarte, 1.º Sargento Nuno Duarte e 1.º Sargento Paulo Ribeiro, pela sua colaboração incondicional na obtenção do material necessário para a consecução deste trabalho.

Ao Capitão Gonçalo Beato e Capitão João Cardoso pela disponibilização de elementos importantes sobre a gestão de energia na Força Aérea.

Às empresas Contimetra, Spirax Sarco e Schneider Electric pela disponibilidade que tiveram para me receber, esclarecer e fornecer documentação técnica sobre sistemas de automação em edifícios.

As minhas palavras finais são para Força Aérea Portuguesa pela oportunidade que me dá de pertencer a uma equipa magnífica de homens e mulheres, com elevado espírito de camaradagem, missão e profissionalismo.



Índice

Introdução	3
1. Gestão de edifícios e automação	7
a. Gestão de edifícios	7
(1) Gestão técnica	8
(2) Gestão económica	8
(3) Gestão funcional.....	9
b. Gestão de energia	9
c. Automação	13
2. Automação e eficiência energética de edifícios e infraestruturas	16
a. Estado da Arte	16
b. Casos de estudo	18
(1) Empire State Building	18
(2) Projeto Ener-in-Town da Comissão Europeia.....	18
(3) Câmara Municipal de Lisboa	20
c. Caracterização do consumo de energia nos edifícios e infraestruturas	20
3. A automação e gestão de energia na FA	24
a. Estudo da instalação de um SGTC na FA	24
b. Sistemas de automação em exploração na FA	27
(1) Complexo de Alfragide	27
(2) Base Aérea n.º 6	28



(3) Estação de Radar n.º 4	28
(4) Outros sistemas BMS	29
Conclusões.....	31
Bibliografia.....	36
Anexo A – Aplicação do Método Científico de Quivy e Campenhoudt	A-1
Anexo B – Mapa Conceptual	B-1
Anexo C – Síntese dos principais protocolos de automação em edifícios	C-1
Anexo D – Os principais operadores de SGTC do mercado nacional	D-1
Anexo E – Estudo da instalação de um SGTC na FA	E-1



Índice de Figuras

Figura n.º 1 - Quadro resumo das atividades da gestão de edifícios	9
Figura n.º 2 - Modelo do sistema de gestão de energia da norma EN 16001:2009.....	11
Figura n.º 3 - Modelo de gestão de consumo energético	12
Figura n.º 4 - Funcionamento do autómato	14
Figura n.º 5 - Pirâmide da automação, adaptado de Zuehlke	17
Figura n.º 6 – Valores médios de poupança do projeto Ener-in-Town	20
Figura n.º 7 - Consumo de energia nos edifícios por utilização final nos EUA em 2010...	21
Figura n.º 8 –Consumos de energia em hotéis de 4 e 5 estrelas em Portugal.....	22
Figura n.º 9 - Consumo de energia nos edifícios residenciais em Portugal.....	22

Índice de Tabelas

Tabela n.º 1 – Casos do Projeto Ener-in-Town, adaptado do Relatório de Resultados...	19
Tabela n.º 2 – Resultados do estudo realizado	26



Resumo

O presente trabalho de investigação centra-se na utilização da automação como instrumento para a melhoria da eficiência energética dos edifícios e infraestruturas da Força Aérea (FA).

A motivação para a realização desta investigação surgiu do desígnio arrogado pelo Estado Português, em promover ações que racionalizem o consumo de energia nos edifícios e que visem alcançar patamares de rentabilidade, eficiência e sustentabilidade nos próximos anos. Neste sentido, pretende-se complementar outros Trabalhos de Investigação Individual (TII) anteriormente realizados no Instituto de Estudos Superiores Militares (IESM) que, com o mesmo objetivo geral, exploram outras técnicas de promoção da eficiência energética, de forma a contribuir para a delineação de um pacote de medidas, assentes em estudos testados e consistentes, cuja sua articulação permita apoiar futuros projetos da FA.

Para sustentar esta pesquisa científica observaram-se referências bibliográficas e contributos de outros autores sobre a racionalização de energia, eficiência dos edifícios e automação predial, de onde se inferiram os conceitos mais relevantes para o enquadramento do tema, designadamente, gestão de edifícios, gestão de energia e automação.

Para a caracterização e identificação da situação atual, foi analisado o estado da arte através do estudo de projetos que incluíram a implementação de sistemas automáticos de monitorização centralizada do consumo de energia associados a aplicação de medidas de baixo custo, que conduziram a poupanças energéticas significativas nos edifícios contemplados. Foram também analisados dados estatísticos sobre os consumos desagregados por utilização final, com objetivo de identificar quais as instalações com maior peso no diagrama de cargas de edifícios de várias tipologias.

Identificados os princípios básicos para o sucesso dos sistemas de automação nos edifícios, foi elaborado um estudo que pretende demonstrar as vantagens da implementação de um Sistema de Gestão Técnica Centralizada (SGTC) na FA que se estabeleça como uma ferramenta basilar dos vários domínios da gestão de edifícios.

Conclui-se, propondo novos desenvolvimentos do tema e recomendando medidas que promovam a eficiência energética dos edifícios, infraestruturas e instalações da FA, apoiadas por um SGTC.



Abstract

This research work focuses on the use of automation as a tool for improving the energy efficiency of buildings and infrastructures of the Air Force.

The motivation for conducting this research arose from design arrogated by the Portuguese State, in promoting actions to rationalize energy consumption in buildings and aiming to achieve levels of profitability, efficiency and sustainability in the coming years. In this sense, it is intended to complement other Individual Research Papers previously conducted at the *Instituto Superior de Ciências Militares* that, with the same general goal, explore other techniques for promoting energy efficiency in order to contribute to the delineation of a package of measures, based on tested and consistent studies, whose articulation allows to support future projects of the Air Force.

To support this scientific research there were observed references and contributions from other authors on the rationalization of energy efficiency of buildings and building automation, where the more relevant concepts were inferred to the framing of the issue, namely, building management, energy management and automation.

For the characterization and identification of the current situation, the state of the art was analyzed through the study of projects that included the implementation of automated systems for centralized monitoring of energy consumption associated with the application of low-cost measures, leading to significant energy savings on the contemplated buildings. Statistical data on consumption disaggregated by final use were also analyzed, in order to identify which were the facilities with the greatest weight in the load diagram of buildings of various types.

Identified the basic principles for successful automation systems in buildings, a study was designed with the aims to demonstrate the advantages of implementing a Centralized Technical Management System in Air Force that is established as a fundamental tool of the various areas of management buildings.

Concluding by proposing new developments in the subject and recommending measures to promote energy efficiency in buildings, infrastructure and facilities of the Air Force, supported by a Centralized Technical Management System.



Palavras-chave

Automação; Controlo; Desempenho; Eficiência; Energia; Gestão; Integração; Processo; Racionalização; Regulação; Monitorização.



Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

AFA – Academia da Força Aérea (Sintra)
AP– Autómato Programável
APDC – Associação Portuguesa para o Desenvolvimento das Comunicações
AQS – Águas Quentes Sanitárias
AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BA1 – Base Aérea n.º 1 (Sintra)
BA4 – Base Aérea n.º 4 (Lajes)
BA5 – Base Aérea n.º 5 (Monte Real)
BA6 – Base Aérea n.º 6 (Montijo)
BMS – *Building Management System*
CE – Comissão Europeia
Ce – Valor médio anual do custo da energia elétrica e gás natural
CEN– Comité Europeu de Normalização
CENELEC– Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica
CEU – Concelho da União Europeia
CFMTFA – Centro de Formação Militar e Técnica da Força Aérea (Ota)
Ci – Custo do investimento
CLAFA – Comando da Logística da Força Aérea
CTERM – Central Térmica
DDC – Dispositivo Digital de Controlo Direto
DCSI – Direção de Comunicações e Sistemas de Informação
DGCI – Direção Geral de Contribuições e Impostos
DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia
DI – Direção de Infraestruturas
EA – Esquadra de Abastecimento
EMANUT – Esquadra de Manutenção
EMB – Esquadra de Manutenção de Base
EMMET – Esquadra de Manutenção de Material Elétrico de Terra
EMSE – Esquadilha de Manutenção de Sistemas de Energia
ER4 – Estação de Radar n.º 4 (Pico do Areeiro)
ESB – Empire State Building
EUA – Estados Unidos da América



FA – Força Aérea

GEFA – Gestor de Energia da Força Aérea

H – Hipótese

IEE – Indicador de Eficiência Energética

IESM – Instituto de Estudos Superiores Militares

INE – Instituto Nacional de Estatística

K_r – Fator de redução do consumo energético

MOPTC – Ministério da Obras Públicas, Transportes e Comunicações

P_a – Poupança anual

PC – Computador Pessoal

PD – Pergunta Derivada

PLC – *Programmable Logic Controller*

PR_S – Período de retorno simples

PT – Posto de Transformação

QC – Questão Central

RIBA5 – Rede Informática da BA5

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SCADA – *Supervisory Control And Data Acquisition*

SGTC – Sistemas de Gestão Técnica Centralizada

TIC – Tecnologias da Informação e Comunicação

UPS – *Uninterruptible Power Supply*

UTA – Unidade de Tratamento de Ar



Introdução

“A primeira regra de qualquer tecnologia utilizada nos negócios é que a automação aplicada a uma operação eficiente aumentará a eficiência. A segunda é que a automação aplicada a uma operação ineficiente aumentará a ineficiência.”

Bill Gates (1995)

A aplicação de automação em edifícios teve um grande desenvolvimento no princípio da década de 70, quando a vulgarização dos microprocessadores alargou o domínio de emprego dos sistemas de controlo, facto que associado à crise petrolífera, fez com que a aplicação da automação ao serviço das técnicas de controlo e monitorização do desempenho dos edifícios e infraestruturas, atingisse o seu auge.

Estes sistemas de gestão técnica de edifícios com recurso à automação, frequentemente designados por *Building Management System* (BMS), são ferramentas que permitem automatizar e controlar o funcionamento de instalações técnicas, nomeadamente, instalações de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC), instalações elétricas, segurança e redes de águas. O BMS, tipicamente, é um sistema informático isolado que adapta os requisitos operacionais ao funcionamento e utilização dos edifícios. Este sistema tem por base uma rede de autómatos que controlam uma determinada instalação local através dos seus sensores e atuadores, que por sua vez podem comunicar entre si ou com uma estação local, geralmente composta por um computador pessoal (PC) localizado nos serviços técnicos. O BMS assenta numa arquitetura distribuída hierarquicamente, sendo comum encontrar uma estrutura com três níveis de controlo. No primeiro nível encontram-se os autómatos periféricos, onde estão ligados os sensores e os atuadores (rede de campo). O segundo nível é constituído por autómatos designados por concentradores intermediários, que fazem a gestão dos equipamentos periféricos. Por sua vez, os concentradores respondem à unidade de controlo, a qual representa o terceiro nível. É a este nível que o sistema comunica diretamente com o operador, através de uma consola dedicada ou de um PC comum (Nunes & Sêrro, n.d.).

Nos últimos anos, requisitos mais exigentes de conforto, de segurança, de flexibilidade dos locais de trabalho, e novas e maiores necessidades de serviços de telecomunicações e de fluxo de informação, promoveram a consolidação de três tipos de infraestruturas basillares nos edifícios:



- O sistema de automação e gestão de edifícios, responsável pela gestão energética, controla instalações técnicas, segurança contraincêndios, controlo de acessos, videovigilância e anti-intrusão;
- O sistema de telecomunicações, nomeadamente a transmissão de sinais de voz e dados, e a comunicação com o exterior dos edifícios através de redes dedicadas;
- O sistema computacional, que tipicamente engloba os sistemas de informação, escritório eletrónico, sistemas de apoio à decisão ou automação de procedimentos administrativos.

Face à quantidade e sofisticação destes sistemas tecnológicos tornou-se cada vez mais complexa a sua gestão eficaz. Surge então o conceito de integração e SGTC, materializado pela necessidade dos vários sistemas trocarem informação e contribuírem conjuntamente para os diversos domínios da gestão dos edifícios e infraestruturas (Nunes & Sêro, n.d., p.3)

O principal motivo para uma organização investir num SGTC, é alcançar maior eficiência no seu funcionamento, com um consumo energético e um esforço de manutenção mínimos, proporcionando segurança e conforto a todos os utilizadores e um ambiente adequado à operação de sistemas específicos, pelo que se justifica avaliar a aplicação desta ferramenta na gestão de edifícios e infraestruturas da FA. Contudo, o objeto de estudo desta investigação limita-se à automação de edifícios e infraestruturas na FA como instrumento para a racionalização de energia, pelo que não serão abordadas outras formas de otimização da exploração de edifícios, como gestão de recursos humanos, utilização de energias renováveis ou sistemas de segurança integrada.

O objetivo central desta investigação é avaliar o impacto da implementação de sistemas de automação na racionalização do consumo de energia na FA. Porém, para a persecução deste objetivo geral será importante estabelecer outros objetivos particulares, designadamente, conhecer os benefícios e constrangimentos da aplicação de sistemas de automação predial, identificar quais os parâmetros a monitorizar, priorizar as instalações a controlar por BMS, e caracterizar as ações que através de processos automáticos, apresentam maior potencial de sucesso na racionalização de energia nos edifícios e infraestruturas da FA.

Para a persecução deste intento de forma cientificamente suportada, foram adotados os procedimentos propostos por Quivy e Campenhoudt (2005) no seu Manual de Investigação em Ciências Sociais, cuja aplicação se detalha no anexo A, tendo-se formulado na primeira etapa a seguinte questão central (QC):



“De que forma a implementação de sistemas de automação melhorará a eficiência energética nos edifícios e infraestruturas da Força Aérea?”

Associadas à QC, surgem as seguintes perguntas derivadas (PD):

- PD1: Quais as implicações da automação para a gestão de edifícios e infraestruturas?
- PD2: Quais são as instalações e variáveis a controlar por processos automáticos no que concerne à gestão energética dos edifícios e infraestruturas?
- PD3: Recorrendo à automação, que ações poderão promover a melhoria do desempenho energético nos edifícios e infraestruturas da FA?

De forma a obter o caminho para a procura das respostas pretendidas, elaborou-se um modelo de análise constituído pelo corpo conceptual apresentado no anexo B e pelas hipóteses (H) criadas e testadas através do método hipotético-dedutivo, seguintes:

- H1: Os sistemas de automação contribuem para diminuir os custos energéticos e de gestão dos edifícios;
- H2: O AVAC, a produção de AQS, as cozinhas industriais, as lavandarias e a iluminação são as instalações que mais contribuem para o diagrama de cargas dos edifícios. O consumo de energia, o período de funcionamento e a eficiência dos equipamentos e instalações são as variáveis mais relevantes para uma adequada gestão de energia;
- H3: A implementação de um SGTC com um módulo de gestão de energia, a integração dos sistemas de automação existentes e a sua ampliação melhorará o desempenho energético dos edifícios e infraestruturas da FA.

Para a obtenção da informação que permitiu verificar estas hipóteses, foram utilizados os seguintes métodos:

- Recolha de dados documentais preexistentes: Através do estudo de documentos obtidos nos arquivos da Direção de Infraestruturas (DI) da FA, na Esquadilha de Manutenção de Sistemas de Energia (EMSE) da BA5, junto de operadores de sistemas de automação, livros, publicações, regulamentos, dissertações e na *World Wide Web*;
- Observação direta: Pela observação de sistemas de BMS em funcionamento.

Este documento está dividido em três capítulos, o primeiro, em que se explana o que já foi acrescentado por outros investigadores no domínio da gestão de edifícios e onde são apresentados os conceitos mais relevantes para o enquadramento do tema da



automação em edifícios. No segundo, expõe-se o estado da arte através de casos de estudo que pretendem caracterizar a situação atual. No último capítulo, aplicam-se os conceitos adquiridos e o conhecimento da situação atual ao objeto de estudo, verificando em que medida a automação como instrumento da gestão de edifícios e infraestruturas, poderá promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios e infraestruturas da FA. Por fim, são exibidas as conclusões e recomendações que se julgam relevantes.

Para a referência foi utilizada a ferramenta da Microsoft Word® 2010 com o estilo “Harvard - Anglia”.



1. Gestão de edifícios e automação

Para sustentar esta pesquisa científica torna-se necessário observar o que já foi acrescentado por outros investigadores no domínio da gestão de edifícios, na perspetiva da racionalização de energia e no apoio à manutenção com recurso à automação.

Neste capítulo, serão apresentados os conceitos desenvolvidos, mais relevantes para o enquadramento do tema, concretamente, gestão de edifícios, gestão técnica, gestão económica, gestão funcional, gestão de energia e automação.

a. Gestão de edifícios

Uma das mais populares definições de gestão é de George R. Terry citado por Tripathi & Reddy (2008, p.2), ele define gestão como “um processo que consiste no planeamento, ordenação, ação e controlo, para determinar e realizar um objetivo, utilizando recursos humanos e outros.”

As quatro atividades incluídas neste processo são: planeamento, organização, ação e controlo. Estas ações são geralmente suportadas por métodos, planos, ou por princípios lógicos, em detrimento de intuição, palpites ou interesses corporativistas e financeiros. Planeamento significa que o gestor pensa nas suas ações antecipadamente. Ordenação implica que o gestor coordena os recursos humanos e materiais de uma organização. Ação significa que o gestor motiva e dirige os subordinados para a tarefa. Controlo significa que o gestor tenta assegurar que não existem desvios das normas ou planos, ou seja, observa a doutrina na sua atuação (Tripathi & Reddy, 2008, p.2).

Apesar da afinidade existente entre gestão de empresas e gestão de edifícios, subsistem alguns fatores que complicam a introdução desta última na área científica da gestão, sendo o fator mais constrangedor a incompleta conceção do objetivo lucro na gestão de edifícios. No entanto, este objetivo identificado consistentemente na gestão de empresas, também é um desígnio da gestão de edifícios, na medida em que, a racionalização de energia, o conforto e bem-estar dos utilizadores e a longevidade do edifício, contribuem indiretamente para o lucro da organização, tanto fomentando a produtividade dos ocupantes como diminuindo a despesa com as faturas de energia, manutenção, remodelações ou reconstrução (Calejo, 2001, p.54).

Seguindo a doutrina da gestão, também a gestão de edifícios pode ser decomposta por vertentes primárias, designadamente, gestão técnica, gestão económica e gestão funcional.

(1) Gestão técnica

A gestão técnica engloba os processos relacionados com o desempenho de uma infraestrutura, edifício, instalação ou dos seus elementos e componentes. A gestão técnica visa a antecipação da ocorrência de desvios funcionais, através da avaliação das condições de conservação e operação. De forma sistémica, pode-se definir gestão técnica, como sendo a globalidade dos procedimentos implícitos à manutenção. Frequentemente, o entendimento de manutenção e gestão em edifícios, diverge da aceção normalizada (Calejo, 2001, p.56). Este desvio materializa-se pela separação das ações técnicas de intervenção, executadas pelo pessoal técnico, e as ações de gestão, executadas especialmente por engenheiros. Neste trabalho de investigação será assumida a conceção normalizada decorrente da norma ISO6707-1 (2013, p.69): “Manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e respetivos procedimentos administrativos que, durante a vida de um edifício, se destinam a assegurar que este desempenhe as funções para que foi projetado”.

(2) Gestão económica

Os fluxos económicos necessários à utilização de um edifício são garantidos pelo seu gestor. A gestão económica dos edifícios ou infraestruturas tem vindo a ser quase exclusivamente resultado de avaliações patrimoniais do edificado, contudo um edifício não se resume a um desidrato com um determinado investimento inicial e subsequentes avaliações, fruto de condições do mercado imobiliário (por vezes especulativas). Os custos diferidos no tempo, também contribuem para o balanço económico do investimento. É nestes custos, ao longo da vida do edifício, que incide a atividade económica do gestor. A gestão económica de um edifício pode ser dividida em gestão financeira, que inclui os processos contabilísticos de análise de indicadores do estado económico, cada vez mais dependentes do seu desempenho energético, e em gestão estratégica,

que visa o apoio à tomada de decisão com base em objetivos de valorização e de não depreciação (Calejo, 2001, p.62).

(3) Gestão funcional

Compete ao gestor do edifício garantir o apoio ao desenvolvimento de uma determinada utilização do edifício, especialmente focado nos deveres e obrigações dos utilizadores. Segundo o autor pode-se dividir a atividade funcional em regulamentação da atividade, economia de utilização, representação e promoção da gestão técnica. Neste âmbito desenvolve-se e divulga-se a doutrina da utilização, enquadram-se comportamentos e observam-se as necessidades dos utilizadores (Calejo, 2001, p.64).

Na figura n.º 1 resumem-se as principais atividades das três dimensões da gestão de edifícios:



Figura n.º 1 - Quadro resumo das atividades da gestão de edifícios

Fonte: (Maurício, 2011, p.8)

b. Gestão de energia

A gestão de energia ou racionalização de energia visa a redução dos consumos energéticos racionalizando ou otimizando a utilização dos recursos disponíveis, preservando a realização das necessidades dos utilizadores. Segundo Jesus Ferreira (1993, p.6) “Estamos perante uma situação de substituição da energia pela gestão.”



No contexto desta investigação apenas se abordará a gestão de energia no contexto dos edifícios ou infraestruturas, pelo que se excluem outros setores como os transportes e a indústria.

A existência de diversas formas de energia e a complexidade dos processos de transformação são dificuldades que exigem uma avaliação. A atividade de gestão de energia assume elevada importância numa organização, pelo que deverá ser realizada por técnicos competentes.

Na bibliografia consultada foram identificados diversos métodos de gestão de energia, com aplicações, procedimentos e complexidade diferentes. Contudo, o método a aplicar em cada situação deverá ser uma escolha do gestor de energia da organização, observando a dimensão e complexidade da instalação, o tipo de energia consumida preponderante e os meios ao dispor das entidades responsáveis pela gestão dos edifícios ou infraestruturas. Independentemente das circunstâncias o método e o nível de gestão deverá dar satisfação aos seguintes pontos essenciais (Ferreira, 1993):

- Conhecer os consumos de energia dos edifícios e compará-los com os indicadores de eficiência energética (IEE);
- Contabilizar os consumos de energia;
- Dispor de dados para decidir;
- Agir para otimizar;
- Controlar as situações.

O modelo do sistema de gestão de energia apresentado pela norma europeia de sistemas de gestão da energia, requisitos e linhas de orientação para a sua utilização, é o seguinte:

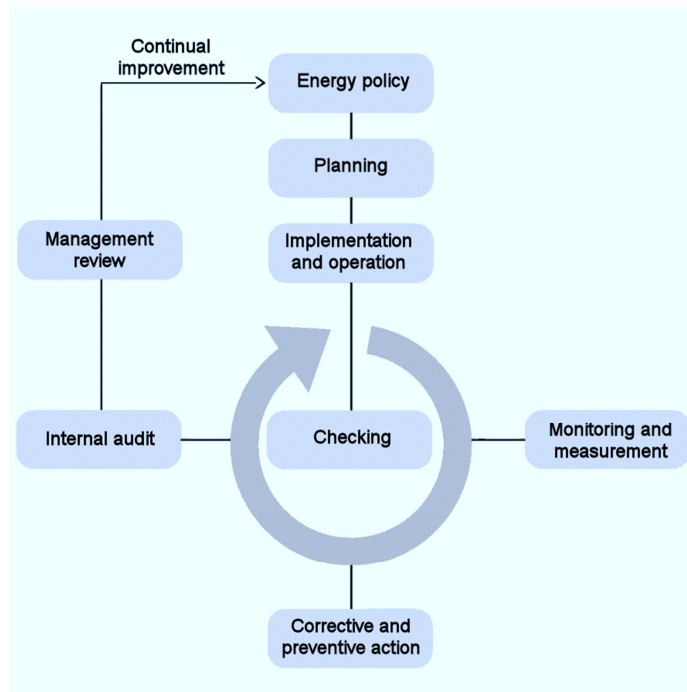


Figura n.º 2 - Modelo do sistema de gestão de energia da norma EN 16001:2009

Fonte: (CEN/CENELEC, 2009)

A EN 16001:2009 fundamenta-se na metodologia *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), que se descreve (Kahlenborn et al., 2000):

- *Plan*: estabelecer os objetivos e os processos necessários à apresentação de resultados de acordo com a política energética da organização;
- *Do*: implementar os processos;
- *Check*: monitorizar e medir os processos face à política energética, os objetivos, as obrigações legais e outros requisitos que a organização subscreva e apresentar resultados;
- *Act*: empreender ações para melhorar continuamente o desempenho do sistema de gestão da energia.

Segundo Beato de Carvalho (2012, p.9), através da articulação dos conceitos estudados e dos modelos teóricos observados, foi possível construir o modelo de gestão de consumo de energia, que se apresenta na seguinte figura:

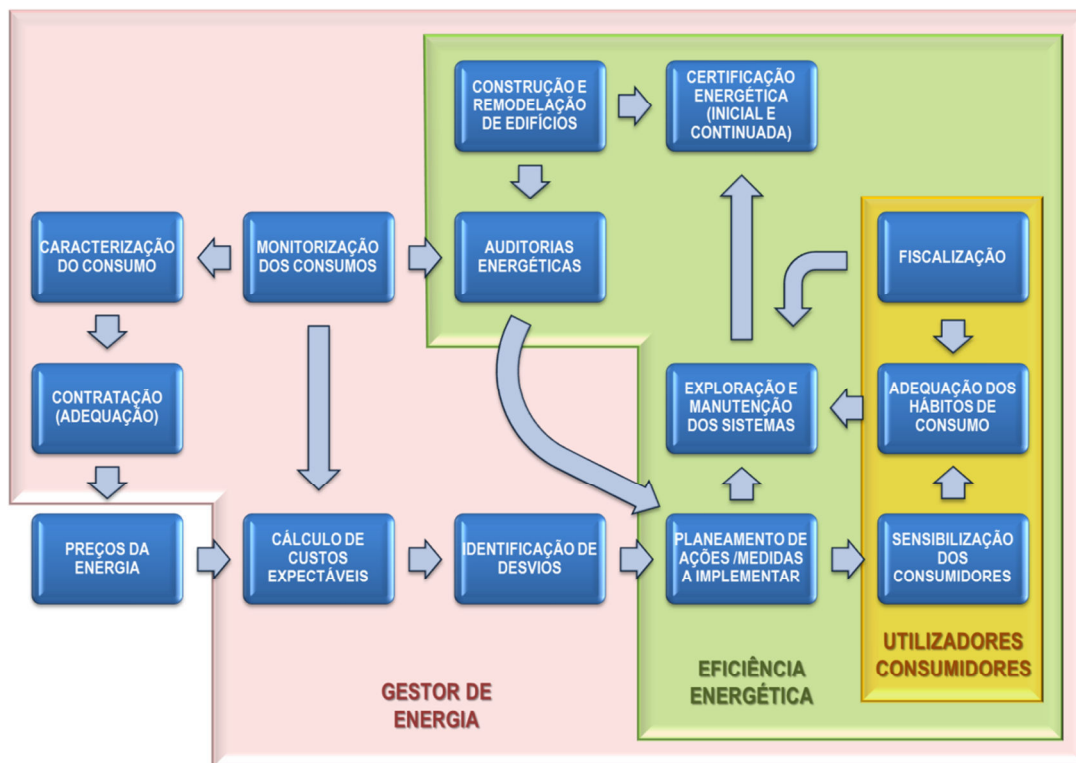


Figura n.º 3 - Modelo de gestão de consumo energético

Fonte: (Carvalho, 2012).

Os modelos de gestão de energia apresentados possuem tarefas e etapas convergentes, ambos dão grande ênfase à tarefa de monitorizar e medir os consumos, pela sua centralidade e pelo número de outras etapas interdependentes. O primeiro modelo é mais generalista, próprio de uma norma internacional, o segundo mais específico e exaustivo no elencar dos procedimentos, passível de ser aplicado numa organização como a FA.

A Resolução do Conselho de Ministros n.º2/2011 de 12 de janeiro, impõe a todos os serviços e organismos da administração do Estado a nomeação de um Gestor Local de Energia. Face à complexidade da gestão de edifícios públicos é importante que o gestor possua conhecimento da doutrina de gestão de energia para implementar métodos de racionalização, utilizar as ferramentas adequadas para a implementação do modelo de gestão e realizar ações que visem a poupança energética, a sua atividade deve integrar a vertente técnica, energética e funcional



dos edifícios e instalações da sua organização (Isolani, 2008, p.6). Entre as suas funções destacam-se:

- Auditoria energética: Observar as faturas de eletricidade e gás, verificar padrões de consumo e monitorizar consumos por sectores;
- Identificar os locais com consumos anómalos ou evitáveis: Eliminar ou minimizar encargos associados a situações anómalas que derivam de avaria, fuga ou desconhecimento e má utilização de recursos;
- *Benchmarking*: Comparar consumos, custos e resultados entre edifícios, instalações ou delegações da organização. Caracterizar o perfil de utilização dos edifícios e criar grupos de edifícios com utilização semelhante, de forma a identificar um padrão de consumo de energia permitindo uma rápida identificação, divulgação e adoção das melhores medidas testadas e práticas adotadas;
- Avaliar o sucesso ou insucesso das medidas propostas: Promover a melhoria contínua e reconhecer sucessos ou falhanços das suas políticas de gestão de forma a obter melhores resultados no futuro.

c. Automação

Para se introduzir o conceito de automação será necessário o recurso à disciplina da engenharia designada por Controlo de Processos. Chamou-se controlo de processos à forma de regulação automática de variáveis dinâmicas, quando para a fabricação mais eficiente de produtos, os seres humanos deixaram de ser parte integrante da regulação, ou seja, a regulação tornou-se automática. Uma variável dinâmica é qualquer grandeza física que pode variar ao longo do tempo, espontaneamente ou por efeito externo. O principal objetivo do controlo de processos é o domínio destas variáveis, impondo-lhes que se fixem em valores específicos determinados, pelo que, os seus valores têm de ser constantemente observados, comparados com os valores desejados e corrigidos. A esta operação chamou-se regulação (Johnson, 1990, pp.2-3).

Atualmente, a regulação automática de processos é executada por Autómatos Programáveis (AP), também conhecidos por Controladores Lógicos Programáveis (PLC). Trata-se de um dispositivo eletrónico, programável, de funcionamento cíclico assegurado por um *software*, que devido à crescente

capacidade de uso, integração e preço cada vez mais baixo, entrou definitivamente na automação dos pequenos e grandes sistemas (Francisco, 2003, p.1).

Na figura n.º 4 representa-se o diagrama do funcionamento básico de um sistema de automação retroativo. O AP recebe nas suas entradas variáveis do processo (*Inputs*), com origem nos sensores da rede de campo, e de acordo com o programa armazenado na sua memória, envia ordens através das saídas variáveis externas de saída (*Outputs*). O autómato possui ainda as suas próprias variáveis que utiliza como resultado de operações lógicas ou aritméticas, designadas por variáveis internas (Francisco, 2003, p.6).

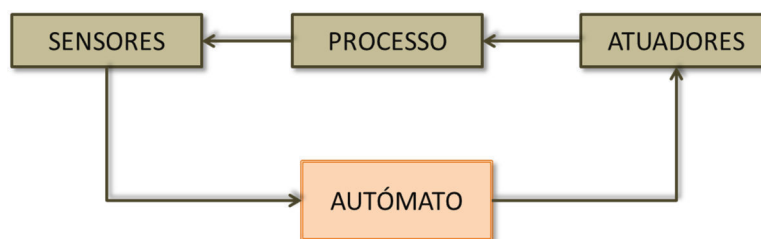


Figura n.º 4 - Funcionamento do autómato

Fonte: (Francisco, 2003)

A utilização de AP é incontornável em todos os setores da sociedade moderna. A gestão de instalações técnicas em edifícios com recurso a AP é uma prática com mais de 40 anos. Contudo, apenas em 2006 a sua instalação foi preceituada através do Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), que embora não se aplique a infraestruturas militares, é a doutrina para os restantes edifícios em Portugal. Com a entrada em vigor deste regulamento, a adoção de sistemas de regulação e controlo passou a ser obrigatória em qualquer sistema de climatização, com vista a garantir, pelo menos, as seguintes funções:

- Limitação da temperatura de conforto máxima e mínima, conforme o que for aplicável, em qualquer dos espaços ou grupos de espaços climatizados pelo sistema em causa;
- Regulação da potência de aquecimento e de arrefecimento das instalações às necessidades térmicas dos edifícios;
- Possibilidade de fecho ou redução automática da climatização, por espaço ou grupo de espaços, em período de não ocupação.

O sistema de regulação e controlo, quando aplicável, deve permitir a sua integração num sistema de gestão técnica de energia, o qual pode sobrepor-se àquele, alterando as condições ambientais interiores, sempre que tal seja considerado necessário em face do resultado da análise de todos os dados disponíveis, mas sem pôr em causa a qualidade do ar interior (MOPTC, 2006).

Face ao exposto, pode-se afirmar que a utilização de um SGTC contendo um módulo de gestão de energia, integrando contadores parciais e autómatos que possibilitem a monitorização dos consumos em tempo real e o controlo das principais instalações e infraestruturas, traduz-se numa ferramenta essencial no apoio à gestão de energia e à gestão técnica. A monitorização potencia a utilização de técnicas de *benchmarking*, comparando o consumo de energia em edifícios distintos com a mesma tipologia e utilização. A automação permite ainda definir o funcionamento dos sistemas, em função do horário e custo energético associado, bem como regular o seu consumo.

Ainda neste âmbito, apresentam-se algumas frases proferidas por entidades com elevada relevância no panorama nacional e europeu, durante o seminário “TIC e eficiência energética: o Estado deve dar o exemplo”, realizado em junho de 2010 (APDC, 2010):

- Carlos Zorrinho, secretário de Estado da Energia e Inovação: “A relação entre energia e informação é a base do ponto de viragem”;
- Philip Lowe, Diretor-geral de Energia da Comissão Europeia: “Os edifícios são responsáveis por 40% do consumo energético. É preciso medir os consumos de tudo”;
- Alfredo Filipe, Diretor de Serviços de Instalações e Equipamentos da DGCI: “Temos de ter métricas para saber para onde vamos, para saber o que fazer e para onde queremos ir. (...) A medição diária permite a redução dos gastos energéticos no primeiro ano da ordem dos 10%. Os ganhos podem chegar aos 15%”.

Verifica-se então que os sistemas de automação contribuem para diminuir os custos energéticos e de gestão dos edifícios, na medida em que são atualmente, ferramentas basilares da gestão de energia, gestão técnica, e fornecem informação relevante para o suporte de decisões no âmbito da gestão funcional e gestão económica dos edifícios e infraestruturas, pelo que se confirma a Hipótese 1.



2. Automação e eficiência energética de edifícios e infraestruturas

Neste capítulo será analisado o estado da arte e apresentados alguns casos de estudo para a caracterização e identificação da situação atual. Esta exposição, suportada pela articulação dos conceitos explanados no capítulo anterior, visa enquadrar a temática da automação no domínio da gestão técnica centralizada de edifícios.

No contexto atual, caracterizado por uma constante evolução, existem aspetos económicos que importa realçar. Os edifícios representam 40 % do consumo de energia total na União Europeia. O sector está em expansão, pelo que será de esperar um aumento do seu consumo de energia. O Conselho Europeu de março de 2007 sublinhou a necessidade de aumentar a eficiência energética na União a fim de alcançar o objetivo de redução de 20 % do consumo de energia até 2020. Neste sentido, é necessário empreender ações mais consistentes para efetivar o grande potencial não concretizado de poupança de energia nos edifícios (CUE, 2010).

a. Estado da Arte

Conforme referido anteriormente, os sistemas de automação em edifícios e infraestruturas assumiram na sua evolução uma arquitetura caracterizada por vários níveis organizados de forma hierárquica. O número de níveis aumentou com a complexidade do sistema de gestão técnica e com a necessidade de integração de outros serviços, para além do inicial BMS. Devido ao aumento dos preços das energias primárias, à necessidade de aumento da segurança das instalações e às preocupações ambientais, alguns proprietários têm optado pela extensão da arquitetura de automação existente nos seus edifícios. Surge então uma nova distribuição, ao nível das funções realizadas pelos equipamentos periféricos e equipamentos de controlo intermédio e essencialmente ao nível do controlo e da supervisão. Devido à integração de novos serviços, as competências sobre os sistemas de automação ultrapassaram o domínio da gestão técnica, tendo-se alargado à gestão energética, gestão funcional e gestão económica. Assim, surgiu um nível adicional na hierarquia de controlo (nível quatro), que contempla as funções de coordenação, verificação e interação com os operadores. Quando uma organização possui diversos complexos, edifícios ou infraestruturas, distribuídos geograficamente, impõe-se ainda a existência de outro nível, designado por

diversos autores por gestão corporativa. Na figura n.º 5 ilustra-se o descrito neste parágrafo através da pirâmide da automação.

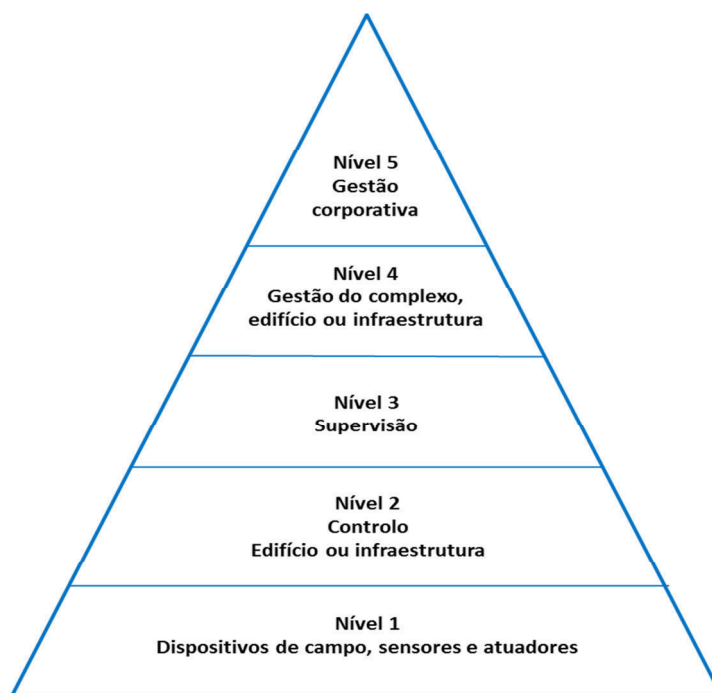


Figura n.º 5 - Pirâmide da automação

Fonte: Adaptado de Zuehlke (ScienceDirect, 2010)

Presentemente, a automação de edifícios evolui para um sistema completamente integrado e computadorizado de todos os componentes e serviços do edifício. Impõe-se então, que os sistemas de gestão dos vários fabricantes comuniquem entre si. Essa comunicação realiza-se por diversos protocolos (linguagens) aos quais cada fabricante de dispositivos de automação adere. A integração dos diferentes sistemas faz-se através de protocolos abertos que comunicam bidireccionalmente ou através de tradutores (*gateways*). Os dispositivos que usam o mesmo protocolo podem comunicar diretamente, mesmo sendo de diferentes fabricantes. A integração entre sistemas com diferentes protocolos, faz-se nos níveis mais baixos da pirâmide da automação (níveis 1 e 2), ou a um nível superior, concretamente, no nível 3 de supervisão, onde essa integração é feita à custa do software instalado na estação de supervisão, este software designa-se por *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) (Ascenso, 2010, p.11).

Os representantes e instaladores de SGTC a operar no mercado nacional têm como denominador comum a arquitetura de rede, que assenta na estrutura piramidal descrita anteriormente. Contudo, cada SGTC possui algumas singularidades que

lhes conferem características específicas que os particularizam, conforme se descreve sucintamente no anexo C. Os protocolos mais divulgados encontram-se identificados no anexo D.

b. Casos de estudo

Nos casos de estudo observados, foram abordadas obras de remodelação, onde a principal motivação dos donos-de-obra foi a racionalização de energia, por ser o tipo de intervenção que mais se adequa ao objeto desta investigação.

(1) Empire State Building

O mais emblemático edifício de Nova Iorque, o Empire State Building (ESB), sofreu em 2008 uma remodelação que visou essencialmente a redução do consumo de energia e a diminuição da emissão de dióxido de carbono (CO₂). Este esforço de sustentabilidade foi desenvolvido com o apoio da Clinton Climate Initiative, aquando do lançamento do ESB Retrofit Program, em 2007.

O projeto de remodelação do ESB teve três etapas basilares: 1.^a Redução de cargas; 2.^a Aplicação de tecnologia eficiente; 3.^a Utilização de sistemas de monitorização e controlo. Relativamente à última etapa este projeto permitiu a medição dos consumos de um maior número de frações autónomas do ESB, e colocou á disposição dos inquilinos dados em tempo real sobre os seus consumos, informações de *benchmarking*, bem como dicas de sustentabilidade e atualizações (ESB Sustainability Team, 2013, p.18). Esta intervenção permitiu uma redução de 38% do consumo energético. Cerca de 9% deveu-se à atualização dos sistemas de automação. A participação dos inquilinos no processo de gestão de energia, através da mudança de comportamentos, apoiada pela informação em tempo real dos seus consumos e da divulgação de técnicas de *benchmarking*, potenciaram uma poupança de cerca de 3% (ESB Sustainability Team, 2013, p.19).

(2) Projeto Ener-in-Town da Comissão Europeia

O Ener-in-Town foi um projeto do programa Intelligent Energy Europe da Comissão Europeia (CE), que começou em janeiro de 2006 e durou 30 meses. Teve como objetivo aumentar o controlo sobre o consumo

de energia em edifícios de municípios europeus, através da monitorização do consumo de energia transmitido via internet, formação de funcionários municipais em ações de promoção da eficiência energética e implementação de ações de economia de energia através de medidas de baixo custo (CE, 2008). No seguimento da aplicação das medidas implementadas, por algumas autarquias europeias que aderiram ao projeto Ener-in-Town, apresentam-se os seguintes casos de sucesso:

Tabela n.º 1 - Casos de projeto Ener-in-Town, adaptado do Relatório de Resultados

Fonte: (CE, 2008)

Município	Instalações	Medidas	Redução da fatura energética [%]
Geislingen, Alemanha	80 Edifícios municipais	Instalação de contadores digitais de entalpia, eletricidade e de água, equipados com um sistema recolha e envio de dados pela internet;	12%
		Compilação dos valores característicos e benchmarking;	
		Emissão de relatórios anuais de consumos de energia;	
		Treino intensivo de especialistas em ajuste fino de sistemas e controlo;	
		Definição de regras de utilização pela administração;	
		Correção de avarias em equipamento técnico de controlo;	
		Comportamentos generalizados de poupança de energia.	
Albufeira, Portugal	Biblioteca Municipal de Albufeira	Instalação de sistema de recolha e processamento de dados de consumo de energia;	18%
		Contratação de consumo de energia elétrica;	
		Iluminação: substituição de balastros, instalação de detetores de movimento, substituição de lâmpadas ;	
		Correção do fator de potência;	
		Treino de gestores de energia.	
Monterroso, Espanha	Câmara Municipal	Gestão de energia via internet realizada por um sistema de monitorização;	18%
		Comportamentos generalizados de poupança de energia;	
		Formação do gestor municipal de energia;	
		O ajuste fino de sistemas de controlo;	
		Uso eficiente de equipamento de escritório, desligar quando não está a trabalhar;	
		Desativação de lâmpadas situado em locais com excesso de luminosidade;	
		Medidas de motivação dos utilizadores, mostrando os dados monitorizados antes e depois da gestão eficiente de energia.	
Veliko Tarnovo, Bulgária	13 escolas e creches	Instalação de um sistema centralizado de monitorização e controle de temperatura	22%
		O sistema é composto por 13 sistemas locais de controlo automático de recolha de informações e uma estação central de despacho composta por um PC com o respetivo software.	

O resumo das poupanças de energia conseguidas neste projeto é apresentado na figura n.º 6. Embora os valores que permitiram construir o gráfico se reportem apenas ao período inicial de observação de seis meses e ainda não incluam totalidade dos edifícios do programa, registaram-se poupanças energéticas significativas, resultado da melhoria da gestão técnica e funcional, o que segundo os responsáveis do programa é “Um excelente primeiro passo!” (CE, 2008).

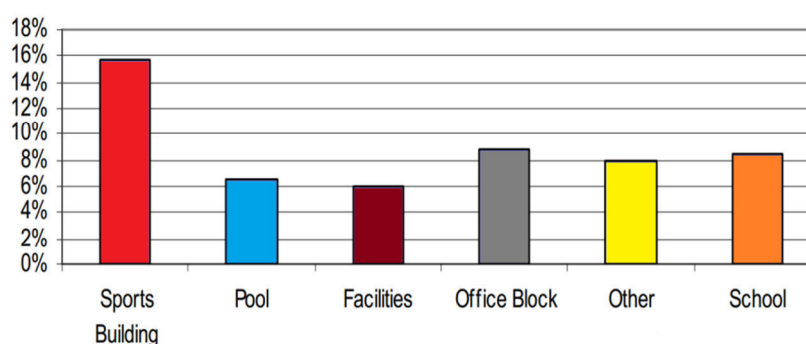


Figura n.º 6 - Valores médios de poupança do projeto *Ener-in-Town*

Fonte: (CE, 2008)

(3) Câmara Municipal de Lisboa

Segundo Abreu (2010, p.35) “A instalação de um sistema automatizado de monitorização de consumos, no edifício municipal do Campo Grande 25 da Câmara Municipal de Lisboa, levou a uma redução nas duas primeiras semanas na ordem dos 13%, fruto da consciencialização relativamente aos consumos noturnos e ao fim de semana, anteriormente desconhecidos.”

c. Caracterização do consumo de energia nos edifícios e infraestruturas

Para uma adequada gestão de energia dos edifícios, infraestruturas ou complexos de edifícios, é primordial possuir dados sobre a quantidade de energia consumida, quais as principais cargas e qual a sua utilização. Esta operação de auditoria energética possibilitará conhecer os equipamentos instalados e identificar o seu estado de funcionamento, saber quais são os fluxos de energia mais relevantes e quais as instalações que mais contribuem para a fatura energética nos edifícios ou infraestruturas. Este levantamento energético pode sustentar e priorizar as propostas

de intervenção, nomeadamente, através da apresentação do cálculo do retorno do investimento (*payback*), e conduzir à consciencialização dos decisores sobre a necessidade de se proceder à implementação de medidas de racionalização (Isolani, 2008, p.9).

A caracterização do consumo de energia por utilização final, ou a desagregação do consumo de energia, é difícil de obter genericamente, por existir uma enorme diversidade de edifícios e infraestruturas. Qualquer intervenção que pretenda melhorar o desempenho energético, tem de ser distinta em função do tipo de edifício ou infraestruturas, dando prioridade aos maiores consumidores (DGEG, 2002, p.9). Contudo, existem dados estatísticos que permitem identificar os grandes grupos de utilizadores finais, cujo consumo de energia é mais representativo.

Na figura n.º 7, ilustra-se o consumo de energia por tipo de utilização final nos edifícios em geral nos Estados Unidos da América (EUA), verificando-se que o aquecimento ambiente é responsável por 37% dos consumos, contudo, agrupando as instalações de AVAC, concretamente, o aquecimento ambiente, o arrefecimento ambiente e a ventilação, obtemos 50% do consumo total dos edifícios. A iluminação representa apenas 9% da demanda, o mesmo que os serviços de refrigeração (conservação de alimentos), cozinha e lavandaria, juntos.

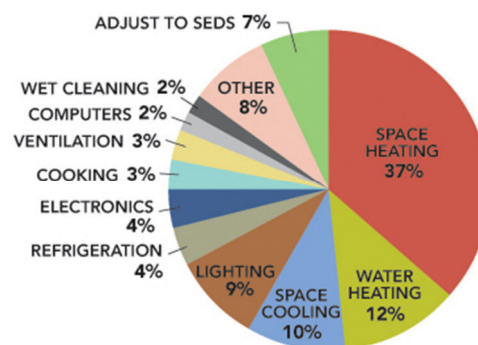


Figura n.º 7 - Consumo de energia nos edifícios por utilização final nos EUA em 2010.

Fonte: (U.S. Department of Energy, 2012)

No caso anterior, para além de se reportar à realidade dos EUA onde se regista uma grande diversidade climática, são considerados todos os tipos de edifícios, o que poderá não ser suficientemente elucidativo, face à sua heterogeneidade. No exemplo da figura 8, são apresentados os resultados dum outro levantamento que incidiu sobre uma amostra de 60 hotéis (4 e 5 estrelas) no

Continente e Ilhas, verificando-se que as utilizações finais a que correspondem os maiores consumos energéticos são o aquecimento e arrefecimento ambiente, com 37% do consumo total de energia elétrica e gás, seguindo-se as cozinhas industriais com 17%, as AQS com 14%, a iluminação com 11% e as lavandarias com 8%. Neste caso o AVAC corresponde a 32% do consumo total, os serviços de cozinha e lavandaria a 25%.

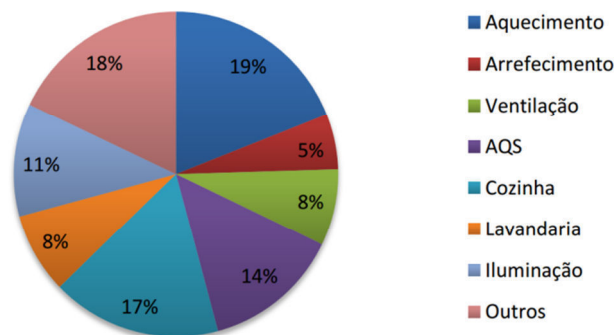


Figura n.º 8 - Consumos de energia em hotéis de 4 e 5 estrelas em Portugal

Fonte: (Ferreira & Freitas, 2010)

Já nos edifícios residenciais em Portugal, pode-se observar na figura n.º 9 que é na cozinha onde se concentra a maior parte do consumo global, correspondente a mais de 1/3 (39,1%), seguem-se as AQS com 23,5%, o aquecimento do ambiente com 21,5%, os restantes equipamentos elétricos representam 10,9%, a iluminação cerca de 4,5% e o arrefecimento do ambiente apenas 0,5% (INE/DGEG, 2010).

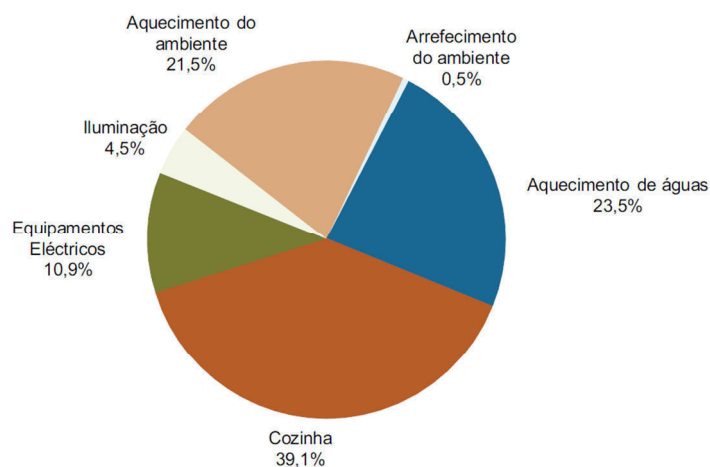


Figura n.º 9 - Consumo de energia nos edifícios residenciais em Portugal

Fonte: (INE/DGEG, 2010)

Face ao exposto verifica-se que O AVAC, a produção de AQS, as cozinhas industriais, as lavandarias e a iluminação são as instalações que mais contribuem para o diagrama de cargas dos edifícios. O consumo de energia, o período de funcionamento e a eficiência dos equipamentos e instalações são as variáveis mais relevantes para uma adequada gestão de energia, na medida em que os três casos estudados no ponto anterior, revelam que nos edifícios onde todos os tipos de instalações observadas estão presentes, elas são as mais preponderantes do ponto de vista do balanço energético. As variáveis mais relevantes para a gestão de energia são as que sustentam os três domínios do modelo teorizado por Beato de Carvalho (2012, p.11), os valores dos consumos energéticos como dado central do domínio de atuação de todas as atividades, a eficiência energética, ela própria um domínio, na medida em que é uma variável transversal e primordial a observar nas ações de auditoria, planeamento, exploração e construção, e o período de funcionamento enquanto dimensão temporal do processo de utilização, dimensão essa que pode ser regulada através da adequação dos hábitos de consumo, sensibilização dos consumidores e inspeção. Pelo que se confirma a Hipótese 2.

Importa ainda salientar que as três variáveis referidas, contribuíram para o sucesso dos casos de estudo apresentados, concretamente, o conhecimento em tempo real do consumo de energia nos seis casos, a utilização de tecnologia mais eficiente que a instalada no caso do ESB e o período de funcionamento no caso da Câmara Municipal de Lisboa.



3. A automação e gestão de energia na FA

Consolidadas as conceções mais importantes e apresentados alguns arquétipos que pretenderam indicar sucintamente a situação atual do tema em observação, importa agora apurar a sua aplicabilidade ao objeto de estudo, verificando em que medida a automação como instrumento da gestão de edifícios e infraestruturas, poderá promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios e infraestruturas da FA. Neste sentido, foram recolhidos dados estatísticos e informações sobre o consumo de energia junto do Gestor de Energia da FA (GEFA) e do comandante da EMSE da BA5, consultadas empresas do sector da automação em edifícios, concretamente a Contimetra, Lda, a Scheneider Electric, SA e a Spirax Sarco, SA, e observadas realizações da DI, que contemplaram a instalação de BMS. Da análise dos consumos de energia da FA, constatou-se que a BA5 é a unidade que apresenta a maior fatura energética, tendo-se considerado este como sendo o caso mais adequado para a realização de um estudo de aplicação da automação na redução do consumo energético.

a. Estudo da instalação de um SGTC na FA

Com o estudo apresentado no anexo E, pretendeu-se estimar os custos da implementação de um SGTC que permita em simultâneo, monitorizar em tempo real os consumos de energia de todos os edifícios da BA5, lacuna identificada pelo GEFA e pelo comandante da EMSE da BA5, e controlar as instalações que possuam ou venham a possuir sistemas de automação com capacidade de integração. Quis-se também aferir a viabilidade económica desta medida de eficiência energética, com base numa expectativa de redução do consumo.

O estudo é constituído por uma planta geral da BA5 com todos os edifícios e infraestruturas, onde foram implantados analisadores de rede, que visam a contagem de energia elétrica nos PT's e quadros de entrada dos edifícios ou infraestruturas, contadores de gás nas centrais térmicas, central de vapor e cozinha, e contadores de fluxo nas redes de vapor da cozinha, lavandaria e subestações térmicas. Os modelos dos contadores, que serviram de base para o estudo, permitem a comunicação através de protocolos compatíveis com os controladores de nível um comercializados pelos diversos operadores consultados, vulgarmente designados por contadores inteligentes. No entanto, foi escolhido um PLC polivalente, apto para integrar qualquer nível da pirâmide da figura n.º 5 e capaz de

enviar a informação diretamente para o SCADA instalado no servidor central da Direção de Comunicações e Sistemas de Informação (DCSI).

Sendo o custo dos controladores o mais elevado e a interligação da sua cablagem aos dispositivos de campo e aos pontos da Rede Informática da BA5 (RIBA5) os maiores constrangimentos duma obra desta natureza, optou-se sempre que possível, por utilizar um controlador para alojar consumos de vários edifícios. Desta opção surgiram grupos de edifícios numerados na planta do anexo E de G01 a G41, cada um com o seu autómato. A localização destes teve como critério a existência de outros sistemas de automação no local passíveis de serem integrados, a distância máxima de 100m até os sensores e a existência de rede de telecomunicações. A escolha do tipo, localização e quantidade dos contadores, foi realizada com base na consulta de plantas, diagramas das redes elétrica, gás e vapor da unidade, e informações disponibilizadas por especialistas da DI e BA5, e em harmonia com as prescrições técnicas das empresas consultadas. A distribuição obtida está representada na peça desenhada E1, os modelos, quantidades, e custos dos artigos estão identificados na tabela E2, ambos no anexo E.

Após a obtenção do custo global estimado para o investimento (C_i) de 302.800€, reuniram-se os dados sobre os consumos e custos de energia na Base, provenientes dos registos do GEFA, construindo-se a tabela E3 do anexo E, para a obtenção do valor médio anual do consumo de energia da BA5 (C_e) de 736.674€. Na tabela E4 do mesmo anexo, foram calculados dois fatores de redução de custos espectável (kr), um $kr_1=15\%$ com base nas reduções obtidas nos quatro casos de sucesso onde apenas ocorreu a implementação de sistemas automáticos de monitorização e a aplicação de medidas de baixo custo, o que corrobora a afirmação do Diretor de Serviços de Instalações e Equipamentos da DGCI citada no capítulo 1, e outro $kr_2=8\%$ com base no gráfico da figura n.º 6.

Tabela n.º 2 – Resultados do estudo realizado

Valor Médio do Consumo de Energia da BA5 (Ce) ⁽¹⁾ [€/ano]	736.674	
Custo do Investimento num SGTC (Ci) ⁽²⁾ [€]	302.800	
Fator de Redução no Consumo Energético (kr) ⁽³⁾ [%]	8	15
Poupança Anual (Pa) ⁽⁴⁾ [€/ano]	58.934	110.501
Período de Retorno Simples (PRS) ⁽⁵⁾ [anos]	5,14	2,74
<p>⁽¹⁾ <i>Ce</i> - Valor médio anual do consumo de energia elétrica e gás natural da BA5, calculado com base na média aritmética dos valores recolhidos das faturas de energia dos anos de 2010 e 2011 (Tabela 2, Anexo C);</p> <p>⁽²⁾ <i>Ci</i> - Custo aproximado do valor do investimento, calculado com base no estudo prévio e suportado por informação técnica e orçamental recolhida (Tabela 1, Anexo C);</p> <p>⁽³⁾ <i>kr</i> - Fator de redução do consumo energético, sendo o valor de 15% calculado com base na média aritmética dos 4 casos de sucesso e o valor de 8% obtido com base no gráfico da figura 6 (Tabela 3, Anexo C);</p> <p>⁽⁴⁾ <i>Pa</i> - Poupança anual estimada, resultante da aplicação do fator de redução do consumo energético (kr) ao valor médio do consumo de energia (Ce) [$Pa=kr \times Ce$];</p> <p>⁽⁵⁾ <i>PRS</i> - Período de retorno simples estimado, dado pelo quociente entre o custo do investimento (Ci) e a poupança anual (Pa) [$PRS=Ci/Pa$]</p> <p>Esta metodologia, adaptada do RCESE, avalia o período de retorno do investimento a preços da energia constantes e iguais às da data da fatura e não considera quaisquer custos financeiros nem efeitos da inflação, dada a incerteza inerente à previsão de quaisquer dos parâmetros financeiros necessários à sua consideração noutra metodologia.</p>		

Na tabela n.º 2 (reprodução da tabela E5 do anexo E), construída observando o método de cálculo do período de retorno simples para medidas de eficiência energética definido no anexo XIII do RCESE, apresentam-se os valores já determinados de *Ce*, *Ci* e *kr*'s, e calculam-se os valores da poupança anual estimada (*Pa*) e do período de retorno simples (*PRS*), em que, para o pior cenário previsto de *kr*=8%, se obteve uma *Pa*=58.934€ e um *PRS*=5,14 anos e para o melhor cenário de *kr*=15%, uma *Pa*=110.501€ e um *PRS*=2,74 anos.

Em ambos os casos a *Pa* só poderá ser alcançada com a implementação de medidas de baixo custo ou sem custos, propostas pela gestão de energia, gestão técnica e gestão funcional, materializadas por ações de ajuste dos períodos de funcionamento, sensibilização dos utilizadores, *benchmarking* e manutenção



orientada para a eficiência dos equipamentos e instalações mais importantes, conforme enunciado anteriormente.

Considera-se que se justifica o investimento para qualquer um dos valores estudados de kr, atendendo a um período de retorno aproximado entre os três e os cinco anos, para um período de vida útil dos SGTC superior a dez anos sem necessidade de investimentos adicionais de atualização ou substituição das suas partes constituintes, segundo informação recolhida sobre o desempenho de sistemas do mesmo tipo em exploração na FA e junto de operadores do mercado nacional de SGTC.

b. Sistemas de automação em exploração na FA

(1) Complexo de Alfragide

Na sequência da recolha de informação realizada, apurou-se que, do ponto de vista da dimensão e do número de pontos de controlo, o BMS em exploração mais significativo é o dos edifícios A e D do complexo de Alfragide. Monitoriza e controla cerca de 400 pontos distribuídos pela central de produção de água refrigerada, central de vapor, CTERM, UTA's, unidade *Close Control*, ventilo-convetores (VC), sistemas de desenfumagem e registos corta-fogo. Este sistema da marca Satchwell Sigma é composto por um nível mais baixo (nível um), onde estão as unidades de rede terminais ou controladores de sala (URC's), que recebem e enviam sinais em tensão para os sensores e atuadores no campo, respetivamente, um nível intermédio (nível dois) com controladores de integração que comunicam com as URC's e os controladores de rede universais que integram outros autómatos dos equipamentos das centrais e os analisadores da rede existentes nos quadros elétricos, e o último nível com os distribuidores de rede nodais, que são *routers* veiculadores da comunicação entre toda a rede do nível intermédio com a estação de supervisão (PC e respetivo *software* de gestão), instalado na Secção Elétrica do Grupo de Apoio do Estado-Maior. Relativamente aos protocolos são utilizados o ARCnet, o Fieldbus e Modbus nos níveis um e dois, e o TCP/IP no nível três. Este sistema está em funcionamento há cerca de dez anos e tem-se mostrado uma boa ferramenta



de apoio à exploração dos sistemas de AVAC dos edifícios A e D do complexo de Alfragide.

(2) Base Aérea n.º 6

Na BA6 existe um BMS implementado em várias fases, que se encontra em exploração há cerca de oito anos. O sistema inicial, instalado no âmbito da construção do edifício da esquadra 751, controla e monitoriza o funcionamento do *chiller* / bomba de calor, UTAN e os VC's. Posteriormente foram instalados outros sistemas de gestão técnica de instalações de AVAC, designadamente no sistema de aquecimento central dos alojamentos de pessoal em trânsito, na CTERM, *chiller* e VC's dos anexos do hangar da esquadra 751, nos sistemas de climatização e tratamento do ar dos novos edifício da Esquadra de Manutenção de Base (EMB), Esquadra de Manutenção de Material Elétrico de Terra (EMMET), e Esquadrilha de Transportes. O BMS da BA6 foi pioneiro na utilização da rede Ethernet da FA para a interligação do nível dois da automação dos edifícios à estação de supervisão (nível três), atualmente situada na EMMET. O sistema instalado é o Desigo Insight da Siemens cujo protocolo nos níveis um e dois é o BACnet.

(3) Estação de Radar n.º 4

O BMS mais recente é o da ER4 no Pico do Areeiro, possui cerca de 220 pontos de controlo, é do tipo DDC de controlo distribuído, baseado em controladores programáveis para regulação da energia, permite transmitir e receber dados para um servidor de rede central de controlo e monitorização, através de placas de encaixe que permitem a seleção de um sistema de comunicações em rede (protocolos) do tipo NCP, ARCnet e LONWORKS. Este sistema contempla já a monitorização e controlo de diversos serviços, para além do típico sistema de AVAC, designadamente, o sistema automático de deteção e extinção de incêndios, a central diesel elétrica e os seus dois geradores, o sistema de desenfumagem e registos corta-fogo, as contagens de energia através de analisadores de rede instalados nos quadros elétricos, o PT e a UPS, o depósito de combustível através de medidas analógicas dos níveis mínimo e máximo e do estado de funcionamento das



bombas, a cisterna de água através de medidas analógicas do pH da água, os níveis mínimo e máximo do depósito e o estado de funcionamento das bombas. O BMS instalado é da marca Sauter e está em funcionamento pleno há menos de um ano, porém, segundo o comandante da ER4, tem-se revelado de grande utilidade, uma vez que permite ao pessoal de serviço monitorizar e controlar as diversas instalações e sistemas da ER4 a partir da estação instalada na sala de *workshop*.

(4) Outros sistemas BMS

Existem ainda outros BMS's instalados nas infraestruturas mecânicas mais recentes, que embora não possuam um sistema de SCADA, são passíveis de ser integrados através de um SGTC, nomeadamente, os novos sistemas de tratamento de ar dos edifícios B e C, e as CTERM's dos edifícios H e J no complexo de Alfragide, as CTERM's dos alojamentos de praças na BA1, as CTERM's dos alojamentos quatro da AFA, as CTERM's, o sistemas de AVAC da esquadra 301 e do edifício dos simuladores, as CTERM's dos alojamentos G16 e G17 de praças e alojamentos G04 de sargentos e o sistema *close control* do armazém climatizado da Esquadra de Abastecimento na BA5, os sistemas de AVAC dos anexos do Hangar do C130 e do armazém FISS (*full in service support*), e a CTERM do edifício do comando na BA6, as CTERM's das camaratas, dos alojamentos de sargentos e oficiais no CFMTFA.

Através do estudo realizado, demonstrou-se que é vantajosa a implementação de um SGTC que contemple a monitorização dos consumos energéticos dos vários edifícios e infraestruturas das Unidades da FA, desde que devidamente complementada por medidas de baixo custo coordenadas entre a gestão de energia, gestão técnica e gestão funcional, que promovam ativamente a racionalização energética. A integração dos BMS existentes num SGTC e a sua ampliação em futuras obras, podem trazer benefícios para os vários tipos e níveis de gestão de edifícios e infraestruturas da FA, na medida em que facilitam a exploração das instalações e equipamentos, disponibilizando a monitorização em tempo real do seu estado de funcionamento, antecipando a ocorrência de desvios funcionais que potenciem a redução do tempo de vida útil das instalações, consumos de energia desnecessários ou depreciação da qualidade do ambiente na utilização.



Por outro lado, a implementação de um SGTC que contemple o *software* de supervisão e aquisição de dados instalado no servidor central da FA, cujo acesso se faça através do portal corporativo em harmonia com as funções dos diversos atores da gestão de edifícios e infraestruturas, permitirá difundir seletivamente a informação para todos os níveis da gestão, designadamente, à gestão corporativa do nível cinco (Direções Técnicas da FA), à gestão do complexo do nível quatro (Grupo de Apoio das Unidades) e à supervisão do nível três (EMB, EMMET ou EMANUT). Desta forma, melhora-se a implementação de técnicas de *benchmarking* e o estabelecimento de princípios estruturais de planeamento, eficiência, manutenção, coordenação, controlo e ação que sejam transversais a toda a FA. Importa ainda referir que, o conhecimento detalhado sobre os consumos de energia pode apoiar decisões que visem remodelar instalações ou substituir equipamentos menos eficientes, suportando-as na comparação entre o PRS do investimento e o período de vida útil esperado para o novo item. Pelo que se confirma a Hipótese 3.

Conclusões

A energia é um bem cada vez mais escasso e caro, a sua utilização descuidada tem provocado danos inestimáveis no meio ambiente. A sensibilidade da humanidade para esta questão é crescente, materializada pelas ações levadas a cabo por diversos atores do sistema político nacional e internacional.

Os edifícios são determinantes no balanço energético dos países desenvolvidos. Tornou-se por isso imperativo agir, investir e alterar comportamentos para a persecução do objetivo concertado entre os países da UE. Também na bibliografia consultada sobre esta problemática, os autores são unânimes sobre a necessidade de promover medidas de poupança energética nos edifícios como o principal caminho para chegar a um nível de rentabilidade, eficiência e sustentabilidade nos próximos anos.

O potencial de poupança de um edifício pode ser explorado com base em técnicas e procedimentos testados ou através da imaginação, contudo as organizações não se podem expor a experiências, palpites ou interesses corporativos e financeiros. A gestão nos seus vários domínios é responsável por definir as metodologias, planos e princípios lógicos, pela sua implementação e verificação.

O presente TII pretende contribuir para o incremento de medidas que promovam a poupança energética na FA, sem comprometer o conforto dos utilizadores ou o desígnio da missão dos edifícios e infraestruturas, através de um estudo sobre a implementação de um SGTC que contemple a integração dos BMS existentes e que contenham um módulo de gestão de energia que permita medir e registar os consumos desagregados de energia. Neste contexto, a presente investigação partiu da seguinte QC:

“De que forma a implementação de sistemas de automação melhorará a eficiência energética nos edifícios e infraestruturas da Força Aérea?”

A partir desta questão desenvolveram-se três capítulos que se constituíram como os pilares desta investigação.

No primeiro capítulo designado por “Gestão de edifícios e automação” observou-se o que já foi acrescentado por outros investigadores no domínio da gestão de edifícios e apresentaram-se os conceitos mais relevantes para o enquadramento do tema da automação em edifícios. Abordaram-se as noções de automação, gestão de edifícios e gestão de energia. Deste capítulo salienta-se o seguinte:

- Os princípios estruturais da manutenção, planeamento, organização, ação e controlo devem ser aplicados desde o projeto à exploração dos edifícios;



- A antecipação da ocorrência de desvios funcionais, através da avaliação das condições de conservação e operação devem ser da competência da gestão técnica;
- Os custos de operação e conservação diferidos no tempo, também contribuem para o balanço económico do investimento feito no edifício, nomeadamente mantendo ou melhorando o seu desempenho energético;
- A gestão funcional deve desenvolver e divulgar os princípios da utilização, enquadrando os comportamentos e observando as necessidades dos utilizadores;
- A gestão da energia assume um papel essencial no controlo dos custos da exploração de um edifício, pelo que deve ser exercida por um técnico devidamente qualificado. Este terá como ferramenta o modelo de gestão de energia adotado, e como indicadores essenciais do desempenho energético e os consumos de energia desagregados por edifício, sector e instalação;
- Sendo a monitorização dos consumos de energia por edifício, sector ou instalação a base da atuação do gestor de energia, a automação, enquanto elemento de controlo, deverá ter na sua génese a medição, transmissão e processamento desses indicadores energéticos, concretamente, o tipo e a quantidade de energia consumida em ordem ao tempo.

Desta forma confirmou-se a primeira hipótese.

No segundo capítulo designado por “Automação e eficiência energética de edifícios e infraestruturas”, analisou-se o estado da arte e apresentaram-se alguns casos de estudo para a caracterização e identificação da situação atual. Deste capítulo salienta-se o seguinte:

- A promoção da eficiência energética dos edifícios ou infraestruturas não se esgota na obtenção de equipamentos com elevados rendimentos, está também subordinada à proficiência com que se gerem os consumos de energia;
- O objetivo primário a alcançar com a implementação de um SGTC numa organização é o de melhorar a eficiência do seu funcionamento, com um consumo energético e um esforço de exploração mínimos, promovendo um ambiente seguro e agradável a todos os utilizadores;
- Estes sistemas existem para garantir uma gestão apropriada, possibilitando controlar, monitorizar comandar e orientar, ou seja, gerir de forma concertada, as diversas instalações dum edifício, infraestrutura ou complexo, tais como o

AVAC, AQS, cozinhas, lavandarias, rede elétrica, contadores de energia, iluminação, segurança contra incêndios, segurança anti-intrusão, controlo de acessos e vídeo vigilância, entre outros;

- Um SGTC pretende obter a solução ótima para a operação dos equipamentos em conformidade com os requisitos de conforto dos utilizadores e funcionais de determinados equipamentos;
- Um SGTC bem concebido associado à operacionalização do modelo de gestão de energia adequado, pode acrescentar poupanças relevantes nos consumos energéticos dos edifícios e infraestruturas da FA. A gestão técnica centralizada é atualmente um instrumento a considerar na estratégia de eficiência energética de uma organização e o seu papel tende a ganhar maior importância à medida que surgem desafios. Contudo reiterara-se parte da citação do início do trabalho “...a automação aplicada a uma operação ineficiente aumentará a ineficiência”;
- Da desagregação dos consumos de energia em edifícios com diferentes utilizações, constatou-se que o AVAC, a produção de AQS, assim como as cozinhas industriais, as lavandarias nos casos em que estão presentes, são as instalações que representam maiores consumos de energia;
- Os valores dos consumos energéticos, a eficiência energética, e o período de funcionamento são as variáveis basilares do funcionamento do modelo de energia estudado, assim como foram também a principal preocupação dos projetos dos casos de estudo analisados.

Pelo que se confirmou a segunda hipótese.

No último capítulo designado por “A automação e a gestão de energia na FA”, aplicaram-se os conceitos adquiridos e o conhecimento da situação atual ao objeto de estudo, verificando em que medida a automação como instrumento da gestão de edifícios e infraestruturas, poderá promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios e infraestruturas da FA. Deste capítulo salienta-se o seguinte:

- Do levantamento efetuado constatou-se quão limitada é a recolha de informação sobre os consumos desagregados por edifícios ou instalações na FA, uma vez que existem muito poucos contadores parciais implementados;
- Tanto o GEFA como o comandante da EMSE da BA5, identificaram a inexistência de um sistema automático e centralizado de contagem em tempo real dos consumos dos edifícios como uma lacuna limitativa da sua atuação;

- O estudo sobre a implementação de um SGTC com um módulo de gestão de energia na FA, que contemplasse numa primeira fase a instalação de controladores, analisadores de rede, contadores de gás e contadores de fluxo na BA5, teria um período de retorno do investimento entre os três e os cinco anos, dependente do sucesso de medidas de baixo custo levada a cabo;
- As instalações de BMS existentes na FA estão em exploração, na sua maioria em boas condições de funcionamento, tendo-se revelado importantes para a exploração das instalações que controlam;
- A integração na SGTC dos BMS mais recentes (com menos de 10 anos) é possível uma vez que possuem automatismos cujos protocolos o permitem;
- Verificou-se também no caso da ER4 que o modelo de integração de diversos serviços no mesmo sistema de controlo é uma mais-valia para a gestão técnica da infraestrutura;
- Através dos anexos C e D, onde se caracteriza o mercado nacional dos SGTC e se identificam os protocolos mais comuns, pode-se concluir que todos os operadores possuem soluções que usam o protocolo TCP/IP nos níveis 3 e superiores de automação, pelo que a integração de antigos ou novos BMS num SGTC da FA apenas depende tecnicamente da disponibilidade da rede interna de telecomunicações.

Pelo que se verificou a última hipótese.

Desta forma, respondendo à QC, verificou-se que é possível melhorar a eficiência energética dos edifícios e infraestruturas da FA com implementação de sistemas de automação, através da concretização de cinco medidas basilares:

- Instalação de contadores inteligentes para monitorizar o consumo desagregado de energia por edifícios, instalações e infraestruturas;
- Integração dos contadores inteligentes num SGTC cujo *software* contemple a funcionalidade de gestão de energia;
- Instalação de *software* de supervisão e aquisição de dados cuja utilização se realize em conformidade com as funções das entidades intervenientes no processo da gestão de edifícios e infraestruturas da FA;
- Aplicação de ações de baixo custo no âmbito da gestão de energia, gestão técnica e gestão funcional, avaliadas pela monitorização dos seus resultados nos consumos energéticos;

- Integração dos BMS existentes para que se evitem desvios funcionais das instalações e equipamentos que estes controlam.

Prevê-se que o investimento num SGTC nas condições descritas, colmate a lacuna identificada na monitorização dos consumos de energia, promova a eficiência energética, apoie a manutenção e reduza custos de funcionamento dos edifícios e infraestruturas da FA. Com este trabalho ficou identificado um instrumento que pode cooperar com sucesso para a melhoria do desempenho dos edifícios da FA, já que esta investigação partiu de conceitos consistentes, corroborados por resultados de projetos modelo e um estudo prático suportado por informações recolhidas junto de especialistas.

Por fim, recomenda-se ao IESM que pondere a continuação da investigação realizada, no sentido de apurar a dimensão dos proveitos da implementação e desenvolvimento dum SGTC que seja o instrumento integrador dos vários domínios da gestão de edifícios e infraestruturas nas Forças Armadas, e à FA que considere a implementação das seguintes medidas:

- Monitorizar de forma centralizada os consumos energéticos desagregados por edifício, instalação ou infraestrutura, através de tecnologias testadas e consolidadas;
- Aplicar técnicas de *benchmarking*, de forma analítica e crítica, comparando os consumos energéticos registados com valores de referência;
- Avaliar autonomamente os comportamentos energéticos, tendo em conta os custos durante o ciclo de vida do edifício;
- Interligar as instalações técnicas, através de sistemas de automação abertos e flexíveis;
- Sensibilizar os utentes para o uso racional e responsável das instalações, aumentando a sensibilidade pelos consumos de energia;
- Promover a redução dos custos de exploração sem depreciar as condições de utilização dos edifícios.



Bibliografia

Abreu, J.W.d., 2010. *Gestão Municipal e Empresarial de Energia em Edifícios Públicos e de Serviços. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

APDC, 2010. *Conclusões do Seminário: TIC e Eficiência Energética: O estado deve ser o exemplo*.

[Online] Available at:

http://www.apdc.pt/FotoLog.aspx?content_id=320BED91-C190-4857-B7ED-389BE8534388&channel_id=0744B52E-17C4-45C9-B02E-138D210020F6&all=4

[Accessed 12 janeiro 2013].

Ascenso, R., 2010. Gestão técnica centralizada. Um enorme potencial de poupança. *Edifícios e Energia*, 1 maio. pp.7-14.

Calejo, R., 2001. *Gestão de edifícios: modelo de simulação técnico-económica. Tese de Doutoramento*. Porto: FEUP.

Carvalho, G.C.F.B.d., 2012. *Gestão de Consumo de Energia Elétrica. Trabalho de Investigação Individual*. Pedrouços, Lisboa, Portugal: Instituto de Estudos Superiores Militares.

CE, 2008. *enerintown.org/project_results*.

[Online] Available at:

http://www.enerintown.org/download.ashx?f=EnerInTown_Report.pdf [Accessed 12 fevereiro 2013].

CEN/CENELEC, 2009. *Sistemas de gestão da energia. Requisitos e linhas de*. Bruxelas.

CUE, 2010. DIRECTIVA 2010/31/UE - Relativa ao desempenho energético dos edifícios. *Jornal Oficial da União Europeia*, p.L153.

DGEG, 2002. *Eficiência Energética nos Edifícios*. Lisboa: Direcção Geral de Energia - Ministério da Economia.

ESB Sustainability Team, 2013. *empirestatebuilding/documents/sustainability*.



[Online] Available at:

http://www.empirestatebuilding.com/documents/sustainability/ll_esb_piece.pdf [Accessed 12 fevereiro 2013].

Ferreira, J.d.J., 1993. *Economia e Gestão de Energia*. Lisboa: Texto Editora.

Ferreira, J.d.J. & Freitas, B.R.d., 2010. *A utilização Racional e Eficiente da Energia em Grandes Edifícios*.

[Online] Available at:

http://www.jesusferreira.com/ficheiros_artigos%5CAPEA%20Confer%C3%Aancia%20Sintre%202011.pdf [Accessed 3 março 2013].

Francisco, A., 2003. *Autómatos Programáveis*. Lisboa: Lidel.

Gates, B., 1995. *A estrada do futuro*. São Paulo: Companhia das letras.

INE/DGEG, 2010. *Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P.; Direcção-Geral de Energia e Geologia.

INE/DGEG, 2010. *Inquérito ao consumo de energia no sector doméstico - 2010*.

[Online] Available at:

http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=127226704&PUBLICACOESmodo=2&xlang=pt [Accessed 05 março 2013].

ISO, 2013. *TC 59/SC 2 Terminology and harmonization of languages - Part 1: General terms*. 2nd ed. Londres: BSI.

Isolani, P., 2008. *A complexidade da gestão de energia em edifícios públicos e de serviços*. Lisboa: Deco.

Available at:

http://www.adene.pt/pt-pt/Actividades/Documents/URE_EdP%C3%BAblic_enerbuilding.pdf.

Johnson, C.D., 1990. *Controlo de Processos. Tecnologia da Instrumentação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.



Kahlenborn, W. et al., 2000. *DIN EN 16001: Energy Management Systems*. Berlin, Alemanha: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.

Maurício, F.M.M.P., 2011. *Aplicação de Ferramentas de Facility Management à Manutenção Técnica*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre. Lisboa: IST.

MOPTC, 2006. *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)*. 7920064th ed. Lisboa: Diário da República.

Nunes, R. & Sêrro, C., n.d. *Edifícios Inteligentes: Conceitos e Serviços*.

[Online] Lisboa: DEEC, IST/INESC Available at:

http://domobus.net/ei_docs/edif_int.pdf [Accessed 3 janeiro 2013].

Quivy, R. & Campenhoudt, L.V., 2005. *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. 4th ed. Lisboa: Gradiva.

Tripathi, P.C. & Reddy, P.N., 2008. *Principles of management*. New Dehli: Tata McGraw-Hill.

U.S. Departement of Energy, 2012. *Buildings Energy Databook*.

[Online] Available at:

<http://buildingsdatabook.eren.doe.gov/ChapterIntro1.aspx> [Accessed 2 abril 2013].

Zuehlke, D., 2010. *sciencedirect - leading full-text scientific database*.

[Online] Available at:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1367578810000143> [Accessed 6 março 2013].

**Anexo A – Aplicação do procedimento metodológico de Quivy e Campenhoudt**

Esta investigação seguirá o procedimento proposto por Quivy e Campenhoudt (2005) no seu Manual de Investigação em Ciências Sociais, o qual compreende, na sua essência, três fases e sete etapas, que se resumem no quadro seguinte:

FASE	ETAPA
RUTURA	1.ª Etapa – A pergunta de partida ou questão central (QC) Elaboração da pergunta de partida clara, exequível e pertinente: De que forma a implementação de sistemas de automação melhorará a eficiência energética nos edifícios e infraestruturas da Força Aérea?
	2.ª Etapa – A exploração Realização de leituras e entrevistas exploratórias relacionadas com o objeto de estudo: Leitura de documentação técnica e normativa sobre a automação e gestão de edifícios pertinente. Realização de balanço. Entrevistas exploratórias a especialistas em SGTC, gestão de energia e manutenção de edifícios.
	3.ª Etapa – A problemática Interrogação sobre a abordagem do objeto de estudo. Formulação dos principais tópicos teóricos da investigação, designadamente o corpo conceptual e as ideias estruturantes para a observação, suportados pelo balanço dos elementos recolhidos durante a exploração. Definição da orientação da investigação com base numa moldura teórica de conceitos já explorados por outros autores, que direcionam o caminho para a resposta à QC. A problemática encontra-se esplanada na <u>Introdução</u> e no <u>Capítulo 1</u> .
CONSTRUÇÃO	Etapa 4 – A construção de um modelo de análise Etapa de charneira entre a problemática e o trabalho de explanação do objeto de estudo. Partiu da construção de conceitos sistémicos, da identificação das suas dimensões e dos indicadores que as avaliam, passou pela preparação das hipóteses através do método hipotético-dedutivo e chegou à sua verificação pelo critério da refutabilidade.



CONSTRUÇÃO (Continuação)	<p>Conceitos:</p> <p>Explanados no Quadro Conceptual do Anexo B</p> <p>Perguntas derivadas (PD):</p> <p>PD1: Quais as implicações da automação para a gestão de edifícios e infraestruturas?</p> <p>PD2: Quais são as instalações e variáveis a controlar por processos automáticos no que concerne à gestão energética dos edifícios e infraestruturas?</p> <p>PD3: Recorrendo à automação, que ações poderão promover a melhoria do desempenho energético nos edifícios e infraestruturas da FA?</p> <p>Hipóteses (H):</p> <p>H1: Os sistemas de automação contribuem para diminuir os custos energéticos e de gestão dos edifícios;</p> <p>H2: O AVAC, a produção de AQS, as cozinhas industriais, as lavandarias e a iluminação são as instalações que mais contribuem para o diagrama de cargas dos edifícios. O consumo de energia, o período de funcionamento e a eficiência dos equipamentos e instalações são as variáveis mais relevantes para uma adequada gestão de energia;</p> <p>H3: A implementação de um SGTC com um módulo de gestão de energia, a integração dos sistemas de automação existentes e a sua ampliação melhorará o desempenho energético dos edifícios e infraestruturas da FA.</p>
VERIFICAÇÃO	<p>Etapa 5 – A observação</p> <p>Processo no qual o modelo de análise é testado com factos e confrontado com os elementos observados.</p> <p>Para a obtenção da informação que permitiu verificar estas hipóteses, foram utilizados os seguintes métodos:</p> <p>1.º: Recolha de dados documentais preexistentes, através do estudo de documentos obtidos nos arquivos da Direção de Infraestruturas (DI) da FA, na Esquadilha de Manutenção de Sistemas de Energia (EMSE) da BA5, junto de operadores de sistemas de automação, livros, publicações, regulamentos, dissertações e na <i>World Wide Web</i>;</p> <p>2.º: Observação direta de sistemas de BMS em funcionamento.</p>



VERIFICAÇÃO (Continuação)	<p>Etapa 6 – A análise das informações</p> <p>Tratamento da informação, cuja apresentação permite a comparação dos resultados esperados com os resultados obtidos na observação, de modo a verificar ou a refutar as hipóteses:</p> <p>1.º: A análise do conteúdo de documentação técnica e de declarações políticas permitiram verificar a H1;</p> <p>2.º: A análise secundária de dados estatísticos e do modelo de gestão de energia permitiram verificar a H2;</p> <p>3.º: O estudo quantitativo sobre a implementação de um SGTC e o levantamento da situação atual dos sistemas de BMS na FA permitiram verificar a H3.</p>
	<p>Etapa 7 – As conclusões</p> <p>Síntese constituída por três partes:</p> <p>1.º: A retrospectiva do procedimento do trabalho, que inclui a QC, a estrutura elementar do modelo de análise, o balizamento do âmbito da observação, os processos utilizados, os resultados da observação e a sua comparação com as expectativas (hipóteses) da investigação;</p> <p>2.º: O elenco de novos contributos da investigação para o objeto de estudo, designadamente, correlação de conhecimentos teóricos que potenciam a melhoria da eficiência energética e o suporte de decisões futuras na FA;</p> <p>3.º: As considerações práticas e recomendações que apontam para a continuidade da investigação realizada e para a avaliação da implementação de medidas de melhoria da eficiência energética na FA.</p>

O procedimento descrito pode ser esquematizado da seguinte forma:

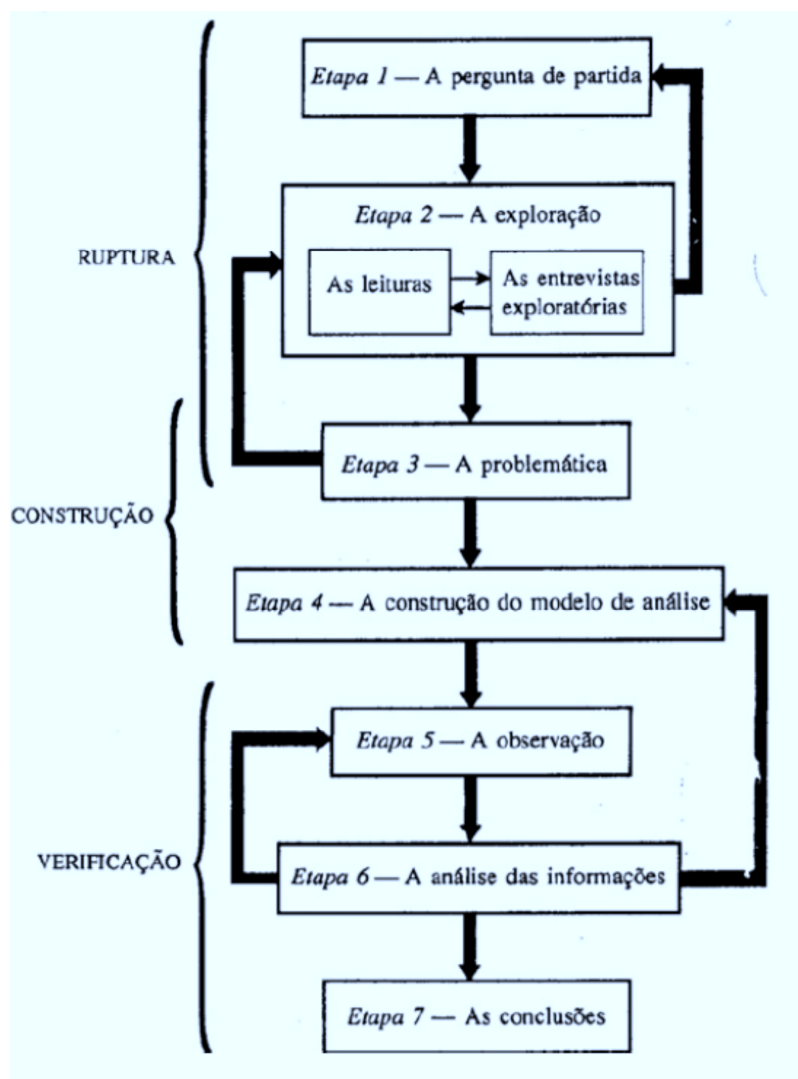


Figura A1 – Etapas do procedimento científico de

Fonte: (Quivy e Campenhoudt, 2005, p. 27)



Anexo B – Mapa conceptual

Pergunta de Partida	Perguntas Derivadas	Hipóteses	Conceitos	Dimensões	Indicadores
PP: De que forma a implementação de sistemas de automação melhorará a eficiência energética nos edifícios e infraestruturas da Força Aérea?	PD1: Quais as implicações da automação para a gestão de edifícios e infraestruturas?	H1 – Os sistemas de automação contribuem para diminuir os custos energéticos e de gestão dos edifícios.	Gestão de Edifícios	Gestão técnica	Desempenho do edifício
				Gestão económica	Avaliação patrimonial
				Gestão funcional	Condições de utilização
			Gestão de Energia	Modelo do sistema de gestão de energia	Exploração eficiente
					Resultados e medidas de desempenho
				Auditoria energética	Consumos energéticos
					Eficiência energética
			Automação	Sistema de Gestão Técnica Centralizada	Adequação da regulação
					Controlo rigoroso
					Condições de monitorização
	PD2: Quais são as instalações e variáveis a controlar por processos automáticos no que concerne à gestão energética dos edifícios e infraestruturas?	H2 – O AVAC, a produção de AQS, as cozinhas industriais, as lavandarias e a iluminação são as instalações que mais contribuem para o diagrama de cargas dos edifícios. O consumo de energia, o período de funcionamento e a eficiência dos equipamentos e instalações são as variáveis mais relevantes para uma adequada gestão de energia.	Desagregação dos consumos energéticos	Hierarquia de cargas	Potência dos equipamentos
					Períodos de funcionamento
				Utilização	Consumos por atividade ou setor
			Instalações	Variáveis a monitorizar	Consumos energéticos
					Contribuição para melhoria da eficiência energética
					Período de funcionamento
				Variáveis a controlar	Período de funcionamento
					Temperatura, caudal corrente
					Rendimento
	PD3: Recorrendo à automação, que ações poderão promover a melhoria do desempenho energético nos edifícios e infraestruturas da FA?	H3 – A implementação de um SGTC com um módulo de gestão de energia, a integração dos sistemas de automação existentes e a sua ampliação melhorará o desempenho energético dos edifícios e infraestruturas da FA.	SGTC	BMS	Integração
					Desempenho funcional
				Gestão de Energia	Integração de registos dos consumos
					Atualidade dos registos
					Condições de monitorização
					Resultados das medidas aplicadas
				Outros sistemas	Integração



Anexo C – Síntese dos principais protocolos de automação em edifícios

1. BACnet

BACnet é o protocolo *standard* aberto não proprietário mais aceite nos EUA e de maior projecção na Europa. Foi desenvolvido sem fins lucrativos pela associação ASHRAE especificamente para o controlo e automação dos edifícios.

2. LONWorks

Local Operating Networks (LONWorks) é um protocolo *standard* no entanto proprietário. O LONTalk foi desenvolvido com fins lucrativos por uma empresa privada designada por Echelon Corporation e especialmente desenvolvido para o controlo do Nível de Campo (sondas, actuadores e pequenos controladores em rede).

3. TCP/IP

Transmission control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP) é um protocolo *standard* de comunicação entre computadores através da Internet.

4. Modbus

Modbus é um protocolo de origem industrial desenvolvido pela empresa Modicon para utilização com a sua gama de PLC (controladores lógicos programáveis) e depois convertido num protocolo de comunicações *standard*, especialmente utilizado para a integração de equipamentos individuais (*chillers*, analisadores de rede, variadores de frequência, etc.).

5. Mbus

O protocolo *standard* (Meter-bus) foi principalmente desenvolvido para a leitura de elementos de medição, tais como os contadores (entalpia, eléctricos e outros).

6. ARCnet

Attached Resource Computer Network (ARCnet) é rede local (LAN) de alta velocidade, adequada para aplicações de controlo em tempo real de autómatos em sistema



de gestão técnica em edifícios e indústria. O desempenho comprovado e robusto tornou este protocolo a opção de alguns fabricantes como a Satchwell, que o utiliza para a comunicação entre dispositivos dos níveis 1 e 2.

7. OPC

OLE for Process control (OPC) é um protocolo *standard* para as comunicações das bases de dados que permitem a intercomunicação e integração de sistemas no nível de gestão.

8. KONNEX KNX-EIB

Konnex–European Installation Bus (KONNEX KNX-EIB) é um *standard* europeu que garante a compatibilidade dos sistemas eletrónicos de diferentes fabricantes de equipamentos domóticos nos edifícios, com grande implantação no mercado residencial.

9. DALI

Digital Addressable Lighting Interface (DALI) é também um *standard* europeu para a comunicação de sistemas de controlo eletrónico de iluminação, desenvolvido pelos principais fabricantes do sector (Ascenso, 2010, p.14).



Anexo D – Os principais operadores de SGTC do mercado nacional

Todos os representantes e instaladores de SGTC a operar no mercado nacional têm como denominador comum a arquitetura de rede, que assenta na estrutura piramidal descrita anteriormente. Contudo, cada SGTC possui algumas singularidades que lhes conferem características específicas que os particularizam, conforme se descreve sucintamente (Ascenso, 2010, p.14):

1. Contimetra

A Contimetra representante e instalador do sistema Metasys da marca Johnson Controls, adotou o protocolo LONWorks, tornando-se membro de programa Open Systems Alliance (OSA) e os seus técnicos possuem formação ministrada na ECHELON (fabricante do protocolo), o que lhes confere qualificação oficial e real de executar qualquer tipo de projeto com uma rede perfeitamente estruturada em protocolo LonTalk®, com controladores LONWorks e com integrações de outros sistemas compatíveis. A gestão da manutenção e eficiência energética, segundo Rita Ascenso (2010, p.14), citando a Contimetra “os programas específicos, como os de manutenção ou os de análise energética que encontrávamos nos pacotes de aplicações nos anos 80 integrados nos sistemas de gestão técnica de cada fabricante, estão hoje mais poderosos, produzidos por fabricantes independentes e integráveis nos sistemas de gestão técnica por partilha das bases de dados. A independência do *software* de gestão técnica dá maior liberdade de escolha e adequação às necessidades”.

2. Sauter Ibérica

A Sauter Ibérica optou pelo protocolo aberto BACnet, pela facilidade de integração com outros protocolos. Comercializam módulos de *software* específicos para a gestão de energia, integráveis nos SGTC como é o caso do software EMS, que segundo Rita Ascenso (2010, p.14), citando Manuel Queirós da Sauter Ibérica “facilita a representação gráfica e em tempo real do comportamento energético do edifício com respeito a um valor de referência, tendo em conta a finalidade do edifício e sector e ao que está abrangido. É portanto uma auditoria energética permanente dos edifícios e em tempo real.”



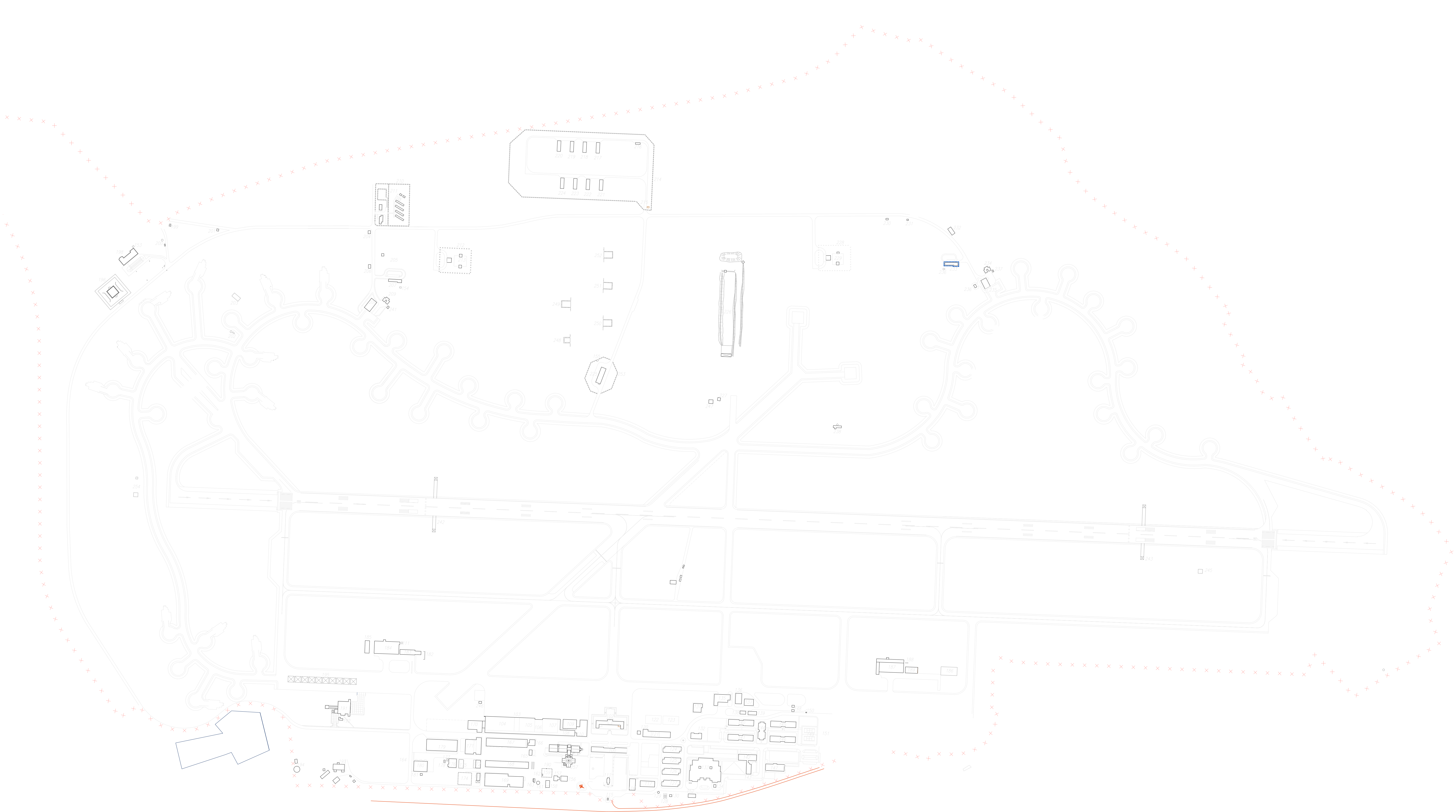
3. Schneider Electric

A Schneider Electric adquiriu recentemente a marca TAC, são os produtos desta marca que atualmente representam a sua oferta para SGTC em edifícios. Os seus sistemas também são abertos, baseados em protocolos de comunicação normalizados, como o LonWorks, Bacnet, Modbus, KNX, DALI, o que permite a integração de diferentes sistemas de controlo e a interligação a sistemas de gestão informáticos.

4. Siemens

A Siemens utiliza protocolos *standards* e abertos nos seus produtos e sistemas. O DESIGO é seu sistema de gestão técnica de edifícios, opera com o protocolo BACnet, também por ser compatível com os demais diversos sistemas, nomeadamente o ModBUS, o LON, o KNX e o MBus. A atual versão do DESIGO contempla diversas funções vocacionadas para a eficiência energética dos edifícios, como por exemplo, o módulo economizador, os modelos adaptativos e as funcionalidades de relatório.

GRUPOS DE EDIFÍCIOS	N.º do Edifício	Edifício	Controlador	Analisador de Rede	Contador de Gás	Contador de Vapor
G1	282	Edifício de Identificação	1	1		
G1	283	Posto de Comando e Pora de Armas		1		
G2	187	Hangar da Linha da Frente F16 / PT12	1	8		
G2	189	Linha da Frente F16		1		
G3	151	Pavilhão Polidesportivo	1	1		
G4	135	Bombeiros				
G4	136	PT2 / Subestação 2	1	10		
G4	138	Secção de Combustíveis		1		
G5	140	Alojamento de Sargentos 1		1	1	
G5	141	Alojamento de Sargentos 2		1	1	1
G5	142	Alojamento de Praças da PA		1	1	1
G5	143	Esquadra de Polícia Aérea		1	1	1
G5	144	Clube de Sargentos	1	1	1	1
G5	145	Alojamento de Sargentos 3		1	1	1
G5	146	Alojamento de Sargentos 4		1	1	1
G6	142	Alojamento de Praças da PA		1	1	1
G6	143	Esquadra de Polícia Aérea	1	1	1	
G6	147	Alojamento / Vestiário de Sargentos		1	1	1
G7	131	Wingps / Comunicações / Central telefónica	1	1		
G8	132	Alojamento de Oficinas	1	1	1	
G9	133	Cantina e Refeitórios		1	1	3
G9	134	PT14	1	8		
G9	152	Central de Vapor		1	1	1
G10	120	PT3	1	8		
G10	121	Clube de Especialistas / Laboratório e Linguas		3		
G11	116	Esquadilha de Intendência / Administração / Barbearia / Cantina		1		
G11	117	Lavandaria		1		1
G11	124	Alojamento de Especialistas 1		1	1	1
G11	125	Alojamento de Especialistas 2		1	1	1
G11	126	Alojamento de Especialistas 3	1	1	1	
G11	127	Alojamento de Especialistas 4		1	1	
G12	102	Grupo Operacional	1	1	1	
G13	100	Edifício do comando, Alojamento e Clube de Oficinas	1	3		
G14	108	Oficinas de Manutenção		1		
G14	109	Aviônicos		1		
G14	110	Aviônicos / Lemp + PT11	1	5		
G15	105	Manutenção ATP		1		
G15	106	Pneudráulicos	1	1		
G15	107	Manutenção ATP		1		
G16	104	Manutenção F16	1	1	1	
G16	170	Estacionamento F16		1		
G16	246	Tráfego da Pista de Lançom		1		
G17	190	Esquadra de Manutenção de Material Electrotécnico de Terra	1	1		
G17	245	Alojamento de Oficinas 1		1	1	
G17	246	Alojamento de Oficinas 2		1		
G17	247	Clube de Oficinas		1		
G17	258	Módulo de Lanche Alojamentos 1 e 2 / Clube de Oficinas		1		
G18	165	Secção de Combustíveis		1		
G18	166	PT1 / Subestação 1	1	10		
G18	167	Oficinas Auto		1		
G18	168	Garagens Auto		1		
G19	169	Esquadra de Abastecimento	1	2		
G19	172	Aquisições		1		
G19	173	Clube de Cria / Tcheiro para substituições influíveis		1		
G20	171	Equipamento Auxiliar	1	3		
G21	170	Esquadilha de Manutenção de Motores de Avião	1	3		
G21	176	Equipamentos de Voo / Parapiquedas		1	1	
G22	164	Bombas de Combustível		1		
G22	180	Simulador de Voo		1		
G22	181	PT12	1	8		
G23	183	EMAPE F16		1		
G23	184	Hangar da Linha da Frente - PT4	1	8		
G24	191	Hash House		1		
G24	192	Edifício de Conversores - PT13	1	8		
G25	193	Agropecuária		1		
G25	280	Edifício de Comando da ETAR	1	2		
G26	197	CCDT	1	1		
G27	198	Esquadra 201	1	1		
G27	200	Furo de Captação de Bombagem e Tratamento de Água (AC25)		1		
G28	286	PT15	1	8		
G29	203	PT5		1	8	
G30	211	Cans	1	2		
G31	205	PT9		1	8	
G32	207	Comando da Esquadra 302	1	1		
G33	208	Hangar do 1.º Escalão /Esquadra 302	1	1		
G33	209	Oficinas Especializadas do 1.º Escalão		1		
G33	241	Armazém de Oleos Esquadra 302		1		
G34	213	Depósitos de Combustível - POL Sul	1	1		
G35	225	Oficinas de Missões	1	1		
G36	227	PT8		1	8	
G37	229	Depósitos de Combustível - POL Norte	1	1		
G38	238	TACAN	1	1		
G39	230	PT10		1	8	
G40	233	Comando da Esquadra 304	1	1		
G41	234	Oficina Especializada		1		
G41	235	Hangar do 1.º Escalão /Esquadra 304	1	1		
G41	237	Armazém de Oleos Esquadra 304		1		
TOTAL			41	196	21	15





Anexo E – Estudo da instalação de um SGTC na FA

**Tabela E2**

Estimativa de custos para o fornecimento e instalação de um SGTC com monitorização do consumo de energia na BA5 - Monte Real

Item	Descrição	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo
1	Fornecimento e instalação de controlador de rede com modem IP, compatível com protocolos BACnet, Modbus, LonWorks, incluído armário, alimentação elétrica, fonte de alimentação e interligação a tomada da rede IP existente e respetiva cablagem UTP CAT6 em tubo VD16. <i>Modelo de base para o estudo: Controlador NCE do sistema Metasys da Johnson Controls (Preço: 906€)</i>	41	cj	1.500 €	61.500 €
2	Fornecimento e instalação de analisador de rede , TI's, com porta de comunicação em Modbus, display LCD, interligação ao quadro elétrico e respetiva cablagem XV(0,6/1kV) <i>Modelo de base para o estudo: Analisador de Rede iEM3255 da Schneider Elétrica (Preço: 315€)</i>	196	cj	600 €	117.600 €
3	Fornecimento e instalação de contador de gás natural tamanho G16, com saída de impulsos elétricos, incluindo certificação da instalação, interligação ao controlador e respetiva cablagem LIYCY em tubo VD16. <i>Modelo de base para o estudo: Contador ACD G10-G16 da Itron (Preço: 420€)</i>	21	cj	700 €	14.700 €
4	Fornecimento e instalação de contador de caudal de vapor saturado, com porta de comunicação, interligação ao controlador e respetiva cablagem LIYCY em tubo VD16. <i>Modelo de base para o estudo: Flowmeter Spirax Sarco TVA (Preço: 2650€)</i>	15	cj	3.200 €	48.000 €
5	Integração dos contadores e controlador <i>Modelo de base para o estudo: Integração Contimetra (Preço: 750€)</i>	41	un	1.000 €	41.000 €
6	Fornecimento e instalação de Sistema Supervisão para utilização em 5 PC em simultâneo, instalado no servidor da DCSI em Alfragide <i>Modelo de base para o estudo: ADX do sistema Metasys da Johnson Controls (Preço: 18.950€)</i>	1	un	20.000 €	20.000 €
Total					302.800 €



Tabela E3

Consumos de energia elétrica e gás natural nos anos de 2010 e 2011 na BA5 - Monte Real

Descrição	2010	2011	Média
Consumo de energia elétrica [kWh]	4.490.656	4.167.546	4.329.101
Consumo de energia elétrica [€/ano]	446.930	441.873	444.401
Consumo de Gás Natural [m3]	597.524	562.346	579.935
Consumo de Gás Natural [€/ano]	309.806	274.740	292.273
Total [€/ano]	756.736	716.613	736.674



Tabela E4
Cálculo do fator de redução

Caso de Estudo	Medidas ⁽¹⁾	Fator de Redução [%]
Geislingen, Alemanha	1. Instalação de sistema de recolha e processamento de dados dos consumos; 2. Contratação de consumo de energia elétrica; 3. Iluminação: substituição de balastros, instalação de detetores de movimento, substituição de lâmpadas ; 4. Correção do fator de potência; 5. Treino de gestores de energia;	12
Albufeira, Portugal	1. Instalação de sistema de recolha e processamento de dados de consumo de energia; 2. Contratação de consumo de energia elétrica; 3. Iluminação: substituição de balastros, instalação de detetores de movimento, substituição de lâmpadas ; 4. Correção do fator de potência; 5. Treino de gestores de energia.	18
Monterroso, Espanha	1. Gestão de energia via internet realizada por um sistema de monitorização. 2. Comportamentos generalizados de poupança de energia; 3. Formação do gestor municipal de energia. 4. O ajuste fino de sistemas de controlo; 5. Uso eficiente de equipamento de escritório, desligar quando não está a trabalhar; 6. Desativação de lâmpadas situado em locais com excesso de luminosidade; 7. Medidas de motivação dos utilizadores, mostrando os dados monitorizados antes e depois da gestão eficiente de energia.	18
Câmara Municipal de Lisboa	1. Instalação de um sistema automatizado de monitorização de consumos 2. Controlo dos períodos de funcionamento.	13
Média aritmética		15
⁽¹⁾ Apenas foram considerados os casos de estudo onde houve a instalação de um SGTC para monitorização de energia e a adoção de medidas de baixo custo.		



Tabela E5
Cálculo do Período de Retorno Simples (PRS)

Valor Médio do Consumo de Energia da BA5 (Ce) ⁽¹⁾ [€/ano]	736.674	
Custo do Investimento num SGTC (Ci) ⁽²⁾ [€]	302.800	
Fator de Redução no Consumo Energético (kr) ⁽³⁾ [%]	8	15
Poupança Anual (Pa) ⁽⁴⁾ [€/ano]	58.934	110.501
Período de Retorno Simples (PRS) ⁽⁵⁾ [anos]	5,14	2,74
<p>⁽¹⁾ <i>Ce</i> - Valor médio anual do consumo de energia elétrica e gás natural da BA5, calculado com base na média aritmética dos valores recolhidos das faturas de energia dos anos de 2010 e 2011 (Tabela 2, Anexo C);</p> <p>⁽²⁾ <i>Ci</i> - Custo aproximado do valor do investimento, calculado com base no estudo prévio e suportado por informação técnica e orçamental recolhida (Tabela 1, Anexo C);</p> <p>⁽³⁾ <i>kr</i> - Fator de redução do consumo energético, sendo o valor de 15% calculado com base na média aritmética dos 4 casos de sucesso e o valor de 8% obtido com base no gráfico da figura 6 (Tabela 3, Anexo C);</p> <p>⁽⁴⁾ <i>Pa</i> - Poupança anual estimada, resultante da aplicação do fator de redução do consumo energético (kr) ao valor médio do consumo de energia (Ce) [$Pa=kr \times Ce$];</p> <p>⁽⁵⁾ <i>PRS</i> - Período de retorno simples estimado, dado pelo quociente entre o custo do investimento (Ci) e a poupança anual (Pa) [$PRS=Ci/Pa$]</p> <p>Esta metodologia, adaptada do RCESE, avalia o período de retorno do investimento a preços da energia constantes e iguais às da data da fatura e não considera quaisquer custos financeiros nem efeitos da inflação, dada a incerteza inerente à previsão de quaisquer dos parâmetros financeiros necessários à sua consideração noutra metodologia.</p>		